ENTWICKLUNG, HEUTIGE SITUATION UND WIRTSCHAFTLICHE PROBLEMATIK DES DEUTSCHEN REEDEREIWESENS

(TEILDRUCK)

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Wirtschaftswissenschaften;

vorgelegt

der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät

der Georg-August-Universität in Göttingen

Von HANS PAUL LAUERMANN 1964

ENTWICKLUNG, HEUTIGE SITUATION UND WIRTSCHAFTLICHE PROBLEMATIK DES DEUTSCHEN REEDEREIWESENS

(TEILDRUCK)

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Wirtschaftswissenschaften;

vorgelegt

der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät

der Georg-August-Universität in Göttingen

Von HANS PAUL LAUERMANN 1964

Teildruck mit der Genehmigung der
Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen
Fakultät der Georg - August - Universität
in Göttingen

I. Referent
Prof. D. Dr. Siegfried Wendt

II. Referent
Prof. Dr. Wolfgang Lücke

Tag der mündlichen Prüfung: 7.2.1964

Inhaltsverzeichnis

Die im vorliegenden Teildruck enthaltenen Abschnitte sind im Inhaltsverzeichnis durch VERSALSCHRIFT kenntlich gemacht.

VORWORT	SEITE	5
1.) Einleitung	Seite	7
2.) Die Entwicklungsgeschichte der Reederei und die Entstehung des modernen Reedereiwesens	Seite	11
2.1) Vorbemerkungen	Seite	11
2.2) Die Entwicklung des Reedereiwesens bis zur Hansezeit	Seite	14
2.3) Die Entwicklung des Reedereiwesens vom Ende der Hansezeit bis etwa 1800	Seite	32
2.4) Die Entwicklung des Reedereiwesens von etwa 1800 bis zum 1. Weltkrieg	Seite	60
2.5) Die Entwicklung des Reedereiwesens seit ca 1918 bis heute	Seite	96
2.6) Schematische Zusammenfassung	Seite	121
3.) Die heutige Situation der internationalen und der deutschen Seeschiffahrt	Seite	133
3.1) Die heutige Situation der internationalen Seeschiffahrt	Seite	133
3.2) Die heutige Situation der deutschen Seeschiffahrt	Seite	155
4.) WIRTSCHAFTSTHEORETISCHE GRUNDLAGEN DES REEDEREIWESENS: DIE SEESCHIFFAHRT ALS MARKTPARTNER	SEITE	169
4.1) KOSTENTHEORIE	SEITE	171
4.2) GEWINNTHEORIE	SEITE	214
4.3) FRACHTPREISTHEORIE	SEITE	254
FORMELGRÖSSENAUFSTELLUNG ZU ABSCHNITT 4.)	SEITE	274
ERLÄUTERUNGEN ZU ABSCHNITT 4.)	SEITE	283

VERZEICHNIS DER SCHAUBILDER SEITE 289

VERZEICHNIS DER TABELLEN SEITE 291

LITERATURVERZEICHNIS I
(ZITIERTE LITERATUR) SEITE 293

literaturverzeichnis II
(weitere literatur) Seite 297

ZUSAMMENFASSUNG SEITE 307

LEBENSLAUF SEITE 309

R.UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Vorwort

Der Transport von Gütern und Passagieren über See wird auch heute noch zu einem wesentlichen Teil durch die Seeschiffahrt besorgt. Wie die Seeschiffahrt diese Aufgabe löst, wie sie organisiert ist, wie sich ihre Entwicklung im Rahmen der allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung vollzog und wie sie mit dem sonstigen Wirtschaftsleben in Beziehung steht, soll in der vorliegenden Arbeit untersucht werden.
Die Untersuchung beschränkt sich im wesentlichen auf die deutsche Seeschiffahrt, soweit hier ausländische Verhältnisse betrachtet werden, ist das lediglich zur Ergänzung bzw. zur Kennzeichnung der Position des deutschen Reedereiwesens in der Weltschiffahrt geschehen.
Im ersten Hauptteil dieser Arbeit, die einen Überblick über die Geschichte des deutschen Reedereiwesens gibt, wurde besonderer Wert auf die Ableitung entwicklungsgeschichtlicher Zusammenhänge gelegt, beim zweiten und dritten Hauptteil, der die heutige Situation des Reedereiwesens bzw. dessen wirtschaftstheoretische Grundlagen behandelt, werden die wirtschaftlichen Verflechtungen der Seeschiffahrt mit den übrigen Wirtschaftsbereichen besonders eingehend untersucht.

Mit Dank erinnere ich mich an die Unterstützung durch verschiedene Institutionen des Verbandes Deutscher Reeder, durch das Institut für Schiffahrtsforschung in Bremen und durch die Auskünfte mehrerer Herren aus der Schiffahrtspraxis; ich danke der Hochschule für Sozialwissenschaften in Wilhelmshaven (die jetzt in der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Universität Göttingen aufgegangen ist); vor allem aber danke ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor D. Dr. S. Wendt, für die Unterstützung und Geduld, die er mir in der langen Entstehungszeit dieser Arbeit gewährte.

4.) Wirtschaftstheoretische Grundlagen des Reedereiwesens: Die Seeschiffahrt als Marktpartner

Wie jeder andere Wirtschaftsbereich ist auch die Seeschiffahrt in das Gesamtwirtschaftssystem eingebettet und von ihm abhängig. Trotzdem kann man die Seeschiffahrt in gewisser Hinsicht als abgeschlossenes System betrachten, denn alle die vielen, im einzelnen nie erfassbaren Funktionalzusammenhänge zwischen ihr und dem allgemeinen Wirtschaftssystem finden ihren konkreten Ausdruck in dem Bündel von Angeboten, die der Seeschiffahrt gemacht werden, und in dem Bündel von Nachfragen, die an die Seeschiffahrt ergehen. Diese Bündel von Angeboten und Nachfragen sind somit das Bindeglied zwischen dem - als ansonsten in sich abgeschlossen gedachten - System der Seeschiffahrt und der Aussenwirtschaft, und praktisch alle Wirkungen der Aussenwirtschaft auf die Seeschiffahrt und alle Wirkungen der Seeschiffahrt auf die Aussenwirtschaft werden durch dieses Bindeglied vermittelt [1].

Als praktische Folgerung für die Reedereien ergeben sich aus dieser Tatsache drei Aufgaben:

1. "Transparent-machen" der Angebotsseite des Marktes, also des Schiffsmarktes, Arbeitsmarktes usw.
2. "Transparent-machen" der Nachfrageseite des Marktes, also beispielsweise des Frachtenmarktes.
3. Optimale Ausnutzung bzw. Verwertung der Angebote und Nachfragen.

Wie die optimale Ausnutzung bzw. Verwertung von Angeboten und Nachfragen im einzelnen Fall aussieht, ist nicht leicht zu sagen. Es ist überhaupt zu fragen, ob es nicht angesichts eine und derselben Situation mehrere gleichwertige Entscheidungen geben kann. Die folgenden Untersuchungen sollen einen

---

[1]) Dieser Ansatz wird bekanntlich auch in der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre benutzt.

Ansatz für die wirtschaftstheoretische Behandlung dieser Fragen bieten [1].

---

[1]) Ähnliche Betrachtungen wurden bereits von Svendsen in seinem Buch "Seeverkehr und Schiffahrtswirtschaft" angestellt (Lit.115), dieses Werk wird daher im folgenden Abschnitt mehrfach angeführt.
Die Zielsetzung ist allerdings bei Svendsen eine andere, er setzt in seiner ansonsten verbalen Behandlung des Themas mathematische Hilfsmittel zur Untersuchung einzelner, in sich abgeschlossener Problemkreise und zur Stützung seiner verbalen Ableitungen ein. Entsprechend dieser Zielsetzung gelangt er dann auch meist nur zu qualitativen Aussagen, d.h. zur Bestimmung der Tendenzen bei Variation der Ausgangsdaten.
Demgegenüber wurde in dieser Arbeit versucht, die Grundlage für eine geschlossene mathematische Behandlung der Seeschiffahrtswirtschaft zu geben, wobei eine der Hauptaufgaben darin lag, die vorliegenden Fakten der mathematischen Behandlung überhaupt zugänglich zu machen, d.h. diese in mathematischer Form auszudrücken und zwar so, dass die einmal erfolgte Übertragung in mathematische Form auch für die anschliessenden Untersuchungen anderer Problemkreise gültig und anwendbar blieb.
Diese Forderung konnte mit wenigen Einschränkungen erfüllt werden, die in der Untersuchung eines Problemkreises entwickelten Formeln können daher in anderen Untersuchungen, in denen die durch diese Formeln ausgedrückten Aussagen von Bedeutung sind, übernommen werden.
Diese Möglichkeit wurde in der vorliegenden Arbeit häufig ausgenutzt, so dass die Änderungen einzelner Ausgangswerte, z.B. der Besatzungskosten, in ihren Auswirkungen für die verschiedensten Folgewerte, z.B. optimale Schiffsgeschwindigkeit, Auflegekriterien usw. verfolgt werden können.
Natürlich konnten nicht alle für die Theorie und Praxis der Seeschiffahrt bedeutsamen Erscheinungen behandelt werden, so dass für spezielle Untersuchungen ein Ausbau des vorliegenden Systems erforderlich wäre.

---

[2]) Nach neueren Festlegungen ist die Bezeichnung Kilogramm = kg nur noch für die Einheit der Masse anzuwenden, während für die entsprechende Krafteinheit die Bezeichnung Kilopond = kp eingeführt wurde. Entsprechend werden 1ooo kg als eine Tonne = t, dagegen 1ooo kp als ein Megapond = Mp bezeichnet. Da es sich beim Auftrieb um eine Kraft handelt, müsste er streng genommen in den Dimensionen kp oder Mp angegeben werden, worauf hier jedoch verzichtet wird, da keine Gefahr des Missverständnisses vorliegt. Dieser Verzicht ist um so mehr gerechtfertigt, als inzwischen die Einführung einer anderen Krafteinheit erwogen wird (1 Newton = N = 1/9,81 kp).

4.1) Kostentheorie

Im folgenden soll die Struktur der Kosten für den Seeschiffahrtsbetrieb näher untersucht werden. Der Ausgangspunkt ist ein Ansatz von Svendsen (lit.115), der hier für die Zwecke des Verfassers umgeformt und ausgebaut ist. Vor Behandlung der Kostenstruktur müssen jedoch einige Fragen der Schiffsvermessung angeschnitten werden, da sie in diesem Zusammenhang eine Rolle spielen [1] (Seite 170).

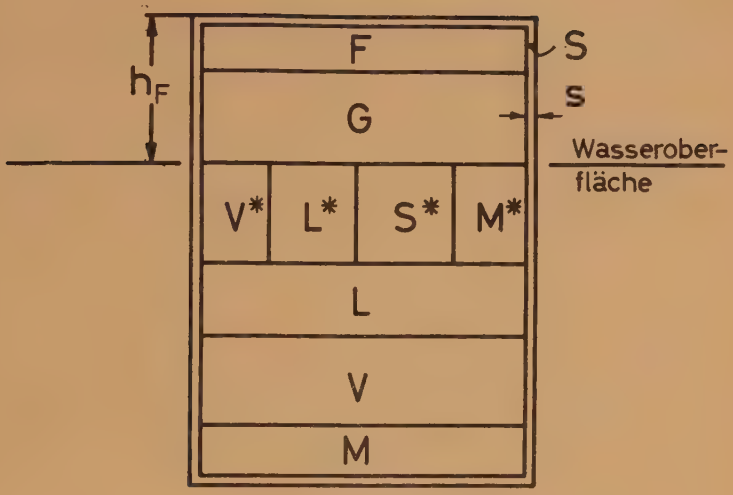
Grundsätzlich kann man entweder von der gewichtsmässigen oder der räumlichen Ladefähigkeit des Schiffes ausgehen, und es kommt ganz auf den speziellen Fall an, welcher Rechnung man den Vorzug gibt. Im allgemeinen sind die Transportgüter relativ schwer im Verhältnis zu ihrem Volumen. Die Möglichkeit der Einnahme von Ladung wird dann also durch die Tragfähigkeit des Schiffes begrenzt, während das Schiff in bezug auf den zur Verfügung stehenden Raum durchaus noch weitere Ladung einnehmen könnte. Nur bei sehr leichten Ladegütern (spezifisches Gewicht geringer als etwa o,8 ÷ o,7 t/m^3) wird der Raum voll ausgenutzt, während die zulässige Tragfähigkeit nicht ausgenutzt wird.

Im Schaubild 5 sind die Verhältnisse noch einmal verdeutlicht. Dort wird schematisch der Querschnitt durch ein beladenes Schiff dargestellt.

Das Volumen des vom Schiff verdrängten Wassers entspricht, wenn man die Wandstärke (s) des Schiffes als vernachlässigbar klein gegenüber den sonstigen Abmessungen ansieht, der Fläche der Rechtecke M, V, L, V^+, L^+, S^+ und M^+. Bei einem spezifischen Gewicht des Wassers von 1 t/m^3 ist der Auftrieb zahlenmässig genau gleich gross dem Volumen des verdrängten Wassers, sofern man mit den passenden Dimensionen rechnet, also etwa mit Tonnen (= 1ooo Kilogramm) für den Auftrieb und mit Kubikmetern für das Volumen (abgekürzt: t bzw. m^3 oder cbm) [2] (Seite 170). Auch der Auftrieb entspricht dann also der Summe der Flächen der Rechtecke M, V, L, V^+, L^+, S^+ und M^+.

Dieser Auftrieb dient nun dazu, das Gewicht des Schiffes mitsamt Maschinenanlage, Ladung usw. zu kompensieren.
Der von der Maschinenanlage in Anspruch genommene Raum habe nun die Grösse, die der Fläche des Rechtecks M entspricht.
Da die Maschinen sehr schwer sind, ist zur Kompensation des Gewichtes der Maschinenanlage ein höherer Auftrieb nötig, als er dem von der Maschinenanlage in Anspruch genommenen Raum entspricht. Mit anderen Worten: Der Auftrieb, der durch Verdrängung einer Wassermasse mit dem Volumen gleich dem Volumen der Maschinenräume entsteht, reicht nicht aus, um das Gewicht der Maschinenräume zu kompensieren.
Zur Kompensation des Gewichtes der Maschinenanlage sei neben dem Raum (M), den die Maschinenanlage einnimmt, zusätzlich der Raum M^+ nötig. Der Raum, der den Flächen M und M^+ entspricht, ist übrigens gerade gleich gross dem Raum, den die Maschinenanlage einnehmen würde, wenn sie bei gleichbleibendem Gewicht das spezifische Gewicht des Wassers hätte.
Entsprechendes gilt für die Vorräte (V bzw. V^+) sowie die Ladung, die hier schwerer als Wasser angenommen wird (L und L^+). Entsprechendes gilt aber auch für den Schiffskörper (S und S^+).
Bei dieser Betrachtung soll nun allerdings nicht vergessen werden, dass etwa für die Maschinenanlage nicht nur der Raum eingenommen wird, den die Maschinen als solche einnehmen, sondern natürlich auch der Raum, der zwischen den verschiedenen Maschinen zu deren Bedienung freibleibt oder der deshalb freibleibt, weil man die Maschinen nicht beliebig nahe aneinanderrücken kann usw.
Es bleibt jedoch dabei, dass der Rauminhalt der Maschinenräume nicht zur Kompensation des Gewichtes der Maschinenanlagen ausreicht. Soll nun nach diesen Betrachtungen das Schiff eine bestimmte Freibordhöhe (h_f) einhalten, so muss also der den Rechtecken V^+, L^+, S^+, M^+, G und F entsprechende Raum freibleiben. Zum Teil wird dieser Raum allerdings ausgenutzt. Nehmen wir etwa an, dass das Gewicht der Trennwände, Einrichtungsgegenstände usw. der Mannschaftsräume bereits im Schiffskörpergewicht eingeschlossen sei, so wird also ein Teil des Raumes für Mannschaftsräume ausgenutzt, weiterhin bleibt zu

berücksichtigen, dass die Ladung nicht beliebig aufeinandergehäuft werden kann, entweder weil sich das nach der Art der Ladung verbietet oder weil aus Stabilitätsgründen die Ladung nach bestimmten Gesichtspunkten gestaut werden muss oder schliesslich auch, weil evtl. ein Teil der Ladung in Zwischenhäfen ausgeladen werden soll und daher zugänglich bleiben muss usw.
Jedenfalls wird aber verständlich geworden sein, dass bei den meist schweren Frachtgütern in den meisten Fällen die Tragfähigkeit und nicht die Grösse der Laderäume die Ladekapazität begrenzt.



Schematische Darstellung der Tragfähigkeit und Raumausnutzung bei Schiffen. (Vergl. S. 171)

S: Schiffskörper (Volumen)

S^+: Mit S zusammen derjenige Raum, den der Schiffskörper ausfüllen würde, wenn er das spezifische Gewicht des Wassers hätte.

M, M^+ } Entsprechend wie bei (S) und (S^+) für Maschinenanlage

V, V^+ } Entsprechend wie bei (S) und (S^+) für Vorräte

L, L^+ } Entsprechend wie bei (S) und (S^+) für Ladung

G: Bei BRT-Vermessung mit erfasster Raum

F: Bei BRT-Vermessung nicht mit erfasster Raum

h_f: Freibordhöhe

Gestützt wird diese Überlegung durch folgende Zahlen:
Im Weltdurchschnitt kommt auf eine BRT (Bruttoregistertonne) etwa 1,5 tdw (Deadweighttonne all told) und andererseits etwa ein Laderaum von 2 m^3. Wenn nun auch die Deadweighttonnage (all told) nicht der Nettotragfähigkeit (für Frachtgüter nutzbare Tragfähigkeit) gleich ist (sie ist etwas grösser als letztere), so zeigt sich doch, dass für die meist vorkommenden relativ schweren Güter die Tragfähigkeit entscheidend ist.

Die offizielle Vermessung geht von der Registertonne (RT) aus. Diese ist ein Raummass (1 RT = 2,83 m^3).
Bei der Bestimmung der Bruttoregistertonnage eines Schiffes wird der gesamte geschlossene Raum des Schiffes erfasst mit einigen Ausnahmen, wie Treppenhäuser, Bodentanks und Küchenräume. (Auch der Raum unter den Shelterdecks bei offenen Shelterdeckern wird nicht erfasst).
Zur Ermittlung der Nettoregistertonnage wird hiervon abgezogen der Raum für die Mannschaftsräume, der Maschinenraum (für einen Maschinenrauminhalt zwischen 13 und 2o % der BR-Tonnage werden ganz schematisch 32 % der BR-Tonnage abgezogen - (Lit. 116) und einige andere Räume.
Wenn wir noch bedenken, dass die Vermessungsordnung und die Vermessungsgepflogenheiten von Land zu Land verschieden sind, sehen wir, dass der Registertonnageangabe nur eine beschränkte Aussagekraft zukommt. Interessant ist übrigens, dass etwa für den Suez-Kanal wiederum ganz andere Vermessungsregeln in Anwendung kommen, so dass also ein und dasselbe Schiff mehrere verschiedene Registertonnagegrössen haben kann.
Die Bestimmung der Registertonnage von Schiffen hatte und hat noch heute mehr die Aufgabe, eine Grundlage für die Bemessung der verschiedenen Abgaben (wie Steuern, Kanalgebühren, Hafengebühren usw.) zu bilden, als die, statistische Untersuchungen zu ermöglichen. Trotzdem wird die Registertonnageangabe häufig in statistischen Untersuchungen verwertet, einfach weil keine geeigneteren Angaben vorhanden sind. Das gilt besonders für historische Untersuchungen. Heute wird meistens neben der

Brutto- und Nettoregistertonnage noch eine Angabe über die Tragfähigkeit und Laderäumte (Grösse der Laderäume) gemacht. Obwohl diesen Angaben - vor allem der ersteren - eine grössere Aussagekraft zukommt, vermögen auch sie noch kein eindeutiges Bild zu geben.

Es wurde bereits erwähnt, dass die Ladekapazität bei schweren Transportgütern durch die Tragfähigkeit, bei leichten durch das Fassungsvermögen der Laderäume begrenzt wird. Sofern auf einem Schiff nicht immer dieselbe Art von Gütern (etwa Erz oder Öl) transportiert wird, solange also das spezifische Gewicht der Transportgüter nicht festliegt, müssen beide Angaben gemacht werden. Aus den erwähnten Gründen interessiert jedoch mehr die Tragfähigkeitsangabe. Aber selbst dann, wenn das spezifische Gewicht der Transportgüter bekannt ist oder wenn wenigstens bekannt ist, dass die Ladekapazität etwa durch die Tragfähigkeit begrenzt wird, ist damit noch immer keine absolut zuverlässige Angabe möglich.

Im allgemeinen wird hinsichtlich der Tragfähigkeit die Bruttotragfähigkeit angegeben. Zur Ermittlung der für Ladung nutzbaren Nettotragfähigkeit muss davon das Gewicht der Vorräte (darunter Brenn- bzw. Treibstoff) abgezogen werden. Wie gross dieses Vorratsgewicht ist, hängt nicht nur von der Länge der Reisestrecke und den Möglichkeiten der Zwischenbunkerung ab, sondern auch von der Antriebsart. Die Vorratsgewichte von Schiffen mit Dampfmaschinenantrieb unterscheiden sich erheblich von denen mit Motorantrieb. Weiterhin ist die Geschwindigkeit der Schiffe von Bedeutung, denn beim Vergleich der Leistungsfähigkeit von Schiffen interessiert ja nicht nur, wieviel sie laden können, sondern es kommt auch darauf an, mit welcher Geschwindigkeit sie ihre Ladung transportieren. Dass in den verschiedenen Meereszonen verschiedene Freibordvorschriften bestehen (in stürmischen Gebieten wird eine grössere Freibordhöhe vorgeschrieben) und dass das spezifische Gewicht des Wassers und damit die Tragfähigkeit in den verschiedenen Meereszonen differiert, sei nur noch am Rande erwähnt.

Einige der hier angeschnittenen Fragen werden in der folgenden

Darstellung noch einmal aufgegriffen, die Berücksichtigung aller ist natürlich nicht möglich.
Es seien hier nun noch die Einheiten der gewichtsmässigen und räumlichen Ladefähigkeit aufgeführt:
Die Brutto- und Nettotragfähigkeit wird in (Gewichts-) Tonnen zu 1ooo oder 1o16 kg angegeben. Die Bezeichnung lautet: t dw (Tons Deadweight). Wenn von Tragfähigkeit schlechthin die Rede ist, ist fast immer die Bruttotragfähigkeit gemeint, man findet also folgende Bezeichnungen:
t dw (Brutto) oder t dw (all told) oder einfach t dw oder tons bzw.: t dw (Netto) oder t dw (for cargo only) oder dergleichen.
Das Volumen der Laderäumte wird in cft grain (Kubikfuss Weizen) angegeben. Dass hier gerade von Weizen die Rede ist, hat natürlich nur historische Gründe, vielfach sagt man daher auch: cft Laderäumte oder einfach cft.
1 ft ist o,3o48 m, also ein cft $(o,3o48\ m)^3$ gleich $\frac{2,83}{1oo}\ m^3$ (eine Registerton entspricht 2,83 m^3).

Die Verhältnisse der verschiedenen Grössenangaben untereinander sind von Schiff zu Schiff verschieden, im allgemeinen ist das Verhältnis von Nettoregistertonnage zu Bruttoregistertonnage um so kleiner, je kleiner das Schiff ist und je schneller es ist. Es kommt jedoch auch auf die Antriebsart des Schiffes an. Als Extremfall sei das Segelschiff erwähnt, bei dem man üblicherweise Nettoregistertonnage und Bruttoregistertonnage gleichsetzt. Als Anhalt für die Verhältnisse der Grössenangaben untereinander seien jedoch einige Durchschnittswerte (abgeleitet nach Lit.117) aufgeführt:

Die Nettoregistertonnage ist etwa gleich o,6 • Bruttoregistertonnage; Deadweighttonnage (all told) = 2,5 • Nettoregistertonnage; Laderäumte in cft = 12o • Nettoregistertonnage;
Laderäumte in cft = 72 • Bruttoregistertonnage;
Laderäumte in m^3 = 2 • Bruttoregistertonnage;
Deadweighttonnage (all told) = 1,5 • Bruttoregistertonnage.

Nach diesen Vorbemerkungen kann nun zur Kostentheorie übergegangen werden. Nach dem Vorbild von Svendsen wird für die Aufgliederung der Kosten ein gegenüber der üblichen Aufteilung der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre abgeändertes Schema benutzt (lit.118)[1]:

1. Hafenkosten
2. Brennstoffkosten (bzw. Treibstoffkosten)
3. Besatzungskosten (dazu gehören auch die Proviantkosten)
4. Reparatur- und Unterhaltungskosten
5. Versicherungskosten
6. Zinsen und Amortisation
7. Verwaltungskosten und verschiedene Kosten.

Es soll nun untersucht werden, was eine Gewichtseinheit (Tonne) der für Ladung nutzbaren Tragfähigkeit (also der Nettotragfähigkeit) je Kilometer Fahrstrecke kostet[2].

Als Bezugs-Zeiteinheit wählen wir das Jahr zu 8760 h (Stunden), als Bezugsgeldeinheit die DM (Deutsche Mark).

Den Bezugszeitraum selbst bezeichnen wir mit T_o (T_o = 8760 h). Die Reisezeit (T_R) ist wegen der für Reparaturen und Überholung benötigten Zeit geringer als T_o, das Verhältnis von T_R zu T_o sei psi.

$$\psi = \frac{T_R}{T_0} \qquad \text{oder} \qquad T_R = \psi \cdot T_0$$

Der Zeitanteil der Hafenaufenthalte an der Reisezeit sei tau, dann ist mit T_H als Hafenzeit die reine Fahrzeit (T_F):

$$T_F = T_R - T_H = T_R - \tau T_R = T_R \cdot (1-\tau) = \psi T_0 \cdot (1-\tau)$$

---

[1]) Svendsen weist darauf hin, dass die Einteilung dieser Kosten in fixe und variable Kosten nicht ganz einfach ist, hinsichtlich der Besatzungskosten beispielsweise kommt es ganz darauf an, ob man bei zeitweiligem Nichtbetrieb des Schiffes die Besatzung abmustert oder nicht. Manche Autoren teilen daher auch die Kosten in fixe, fix-variable und variable Kosten auf. Bei der Aufteilung nur in fixe und variable Kosten kann man für erstere einen Anteil von etwa 60 % der Gesamtkosten annehmen. Die Posten 1., 2., 3. und 5. machen mehr als 75 % der Gesamtkosten aus (lit.118).

[2]) Aus Zweckmässigkeitsgründen werden hier die in der Seeschiffahrt üblichen speziellen Masseinheiten, wie z.B. Seemeilen, Knoten usw. nicht benutzt.

Das Produkt aus reiner jährlicher Fahrzeit und (durchschnittlicher) Schiffsgeschwindigkeit (während der reinen Fahrzeit) (v) ist gleich der jährlichen Fahrstrecke (S)

$$S = v \cdot T_F = v \cdot T_R (1-\tau) = v \psi T_o \cdot (1-\tau)$$

Die Bruttoregistertonnage des Schiffes sei R, das Verhältnis der Deadweighttonnage (all told) zur BR-Tonnage sei nü. Es gilt dann für R_D, die Deadweighttonnage (all told),

$$R_D = \nu R$$

Von der Tragfähigkeit (all told) geht nun noch das Gewicht der Vorräte an Brennstoff (bzw. Treibstoff), Proviant, Frischwasser u. dgl. ab, ehe man die Nutz- oder Nettotragfähigkeit erhält. Wir fassen die Gewichte aller dieser Vorräte zusammen zu R_V. Ausschlaggebend ist hier das Brennstoffgewicht, dieses aber ist proportional der reinen Fahrzeit (von dem - relativ geringen - Brennstoffverbrauch im Hafen muss hier abgesehen werden!), weiterhin ist es unterproportional der Schiffsgrösse und überproportional der Schiffsgeschwindigkeit. Man kann also etwa ansetzen:

$$R_V = \mu \cdot R^{2/3} v^3 \cdot t_F$$

(μ : Proportionalitätsfaktor
t_F : Reine Fahrzeit der Einzelreise)

Es ist selbstverständlich, dass man diese Formel nur mit starken Vorbehalten verwenden darf, denn es handelt sich natürlich nur um eine Abschätzung der Einflüsse der verschiedenen Grössen. Immerhin ist die Übereinstimmung mit der Praxis bei dieser und den weiteren Näherungen so gut, dass sich eine Reihe von Erscheinungen in der Schiffahrt recht gut aus den darauf aufgebauten Gleichungen verfolgen lässt. Die Angabe besserer Näherungen ist jedenfalls zur Zeit noch nicht ohne weiteres möglich. Die Anregung zu der obigen Näherung stammt von Svendsen (Lit.119).
Der Faktor mü in dieser Gleichung ist ein Proportionalitätsfaktor, über den noch gesprochen wird.
Obige Beziehung gilt nun jedoch nur, wenn das Schiff nur einmal - zu Beginn der Reise - Vorräte für die gesamte Reise einnimmt. Bei längeren Reisen wird vielfach zwischengebunkert

(und evtl. auch zusätzliche Fracht übernommen!). Es soll untersucht werden, wie das sich auswirkt.
Wenn wir s die Fahrstrecke der Einzelreise bezeichnen, so kann mit $s = v\ t_F$ (t_F sei die reine Fahrzeit bei einer Einzelreise) die obige Gleichung auch so geschrieben werden:

$$R_V = (\mu R^{2/3} v^2) \cdot s$$

Diese Gleichung ist gegenüber der vorigen nur umgeformt, gilt also immer noch nur für den Fall, dass nicht zwischengebunkert wird und dass auch während der Reise keine weitere Fracht übernommen wird. Bei Zwischenbunkerung ist nun aber das Vorratsgewicht nicht mehr proportional der Gesamtfahrstrecke der Einzelreise (s), sondern proportional einem Mittelwert, der sich aus der Länge der Teilstrecken zwischen den Bunkerstationen ergibt. Wir berücksichtigen das, indem wir statt (s) schreiben: ($s\ s^+$), wobei s^+ ein Korrekturwert ist.

$$R_V = (\mu R^{2/3} v^2) \cdot s \cdot s^+$$

Die Bestimmung von s^+ ist nicht ganz einfach. Seine Grösse hängt ganz von den Voraussetzungen ab, von denen man ausgeht. Es spielen hier Überlegungen hinein, die einer mathematischen Erfassung unzugänglich sind, abgesehen davon, dass s^+ für verschiedene Fahrgebiete in unterschiedlichen Grössenbereichen liegt. Trotzdem wird das anschliessend Gesagte eine einigermassen passende Wahl von s^+ für den individuellen Fall ermöglichen.
Wird zunächst einmal während der Fahrt nicht zwischengebunkert, so ist das Gewicht der Vorräte zu Beginn (Index A) bzw. Ende (Index E) der Reise:

$$R_{VA} = \mu R^{2/3} v^2 s \qquad R_{VE} = 0$$

Dass das Gewicht der Vorräte zu Ende der Reise gleich Null ist, ist natürlich nur eine theoretische Annahme, immerhin ist es aber in der Praxis durchaus üblich , dass nur eine Reserve für einen Tag einkalkuliert wird.
Jedenfalls könnte das Schiff kurz nach Antritt der Reise bereits wieder einen Hafen anlaufen und zusätzliche Fracht

übernehmen, da ja eine gewisse Menge der Vorräte schon verbraucht ist und somit zusätzliches Gewicht aufgenommen werden kann. Abermals nach einer kurzen Strecke könnte man dann wiederum entsprechend der weiteren Schrumpfung der Vorräte weitere zusätzliche Fracht übernehmen. Im Grenzfall, wobei allerdings die Wege zwischen den einzelnen Frachtübernahmen unendlich klein wären, wird $s^+ = 1/2$.
(Das mittlere Vorratsgewicht über die Reise ist nämlich gerade gleich $1/2\ R_{VA}$.)
Geht man davon aus, dass während der Reise weder zwischengebunkert noch zusätzliche Fracht übernommen wird, so ist $s^+ = 1$.
Die weiteren Möglichkeiten sind etwas komplizierter, so dass sie an den folgenden Beispielen a) bis d) erläutert werden sollen (Die Formeln für s^+ sind Seite 283 ff. näher begründet).
Ein Schiff habe eine Reisestrecke von 1300 km. 300 km vor dem Zielhafen soll eine Möglichkeit für Zwischenbunkerung vorhanden sein.
a) Mit der Möglichkeit der Zwischenbunkerung soll zugleich eine Möglichkeit zur Frachtgutübernahme verbunden sein. (Für die letzten 300 km sind ja weniger Vorräte nötig als für die voraufgegangenen 1000 km, so dass hier mehr Frachtgut transportiert werden kann).
Es gilt dann:

$$s^* = \frac{1}{S^2} \sum_{i=1}^{i=x} (s_i)^2 = \frac{1}{1300^2}(1000^2 + 300^2) = 0{,}645$$

mit x als Zahl der Bunkerungen und s_i als Teilstrecke zwischen den Bunkerungen.
b) Unter sonst gleichen Voraussetzungen soll die Möglichkeit der Zwischenbunkerung nicht mit einer Möglichkeit der Frachtübernahme gekoppelt sein, ihr Vorteil ist lediglich, dass zu Beginn der Reise nicht für 1300, sondern nur für 1000 km Fahrstrecke Vorräte mitgenommen werden müssen.

$$s^* = \frac{s_{max}}{s} = \frac{1000}{1300} = 0{,}769$$

mit s_{max} als Maximalabstand zwischen zwei Bunkerungen.
c) Wie bisher bleibt es bei der Möglichkeit der Zwischenbunkerung 300 km vor dem Zielhafen, darüber hinaus soll aber noch

600 km hinter dem Ausgangshafen die Möglichkeit der Frachtübernahme, nicht aber der Bunkerung bestehen.

$$s^* = \frac{1}{S^2}\sum_{i=1}^{i=x}\left[s_i^2 - s_{i1}(s_i - s_{i1}) - s_{i2}(s_i - s_{i1} - s_{i2})\ldots\right]$$

$$= \frac{1}{1300^2}\left[(1000^2 - 600 \cdot 400) + 300^2\right] = 0{,}503$$

mit s_{i1}, s_{i2}, s_{i3} usw. als Strecken zwischen Frachtübernahmen auf den Teilstrecken (zwischen Bunkerungen) s_i.

d) Es bleibt bei der Zwischenbunkerung 300 km vor dem Zielhafen, es wird jedoch laufend (mit unendlich kleinen Abständen) Fracht übernommen.

$$s^* = \frac{1}{2S^2}\sum_{i=1}^{i=x}(s_i^2) = 0{,}323$$

Zusammengefasst bestehen also folgende Verhältnisse (Die Formeln für s^+ sind auf Seite 283 ff. näher begründet):

Unendlich häufige Frachtübernahme: $$s^* = \frac{1}{2}\left[\frac{1}{S^2}\sum_{i=1}^{i=x}(s_i)^2\right]$$

Frachtübernahmemöglichkeiten mit Zwischenbunkermöglichkeiten verknüpft: $$s^* = 1\left[\frac{1}{S^2}\sum_{i=1}^{i=x}(s_i)^2\right]$$

Nicht bei jeder Bunkerung Frachtübernahme: $$s^* > 1\left[\frac{1}{S^2}\sum_{i=1}^{i=x}(s_i)^2\right]$$

Frachtübernahme häufiger als bei jeder Bunkerung:
$$\begin{cases} s^* > \frac{1}{2}\left[\frac{1}{S^2}\sum_{i=1}^{i=x}(s_i)^2\right] \\ s^* < 1\left[\frac{1}{S^2}\sum_{i=1}^{i=x}(s_i)^2\right] \end{cases}$$

Nun muss noch berücksichtigt werden, dass wir als Bezugszeitraum das Jahr gewählt hatten. An die Stelle der Werte s und s^+ für die Einzelreise müssen daher die Durchschnittswerte $\bar{s}$ und $\bar{s}^+$ aller Einzelreisen des betreffenden Jahres treten. Für diese Werte gilt:

$$\bar{s} = \frac{S}{n} \qquad \bar{s}^* = \frac{n}{S^2}\sum_{k=1}^{k=n}(s_k^2 \cdot s_k^*) = \frac{1}{S\bar{s}}\sum_{k=1}^{k=n}(s_k^2 \cdot s_k^*)$$

mit n als Zahl der Reisen pro Jahr, s_k als Einzelreisen-Fahrstrecke und s_k^+ als Einzelreisen-Korrekturfaktor.

Es soll hier noch kurz angemerkt werden, dass trotz der Bezugnahme auf das Jahr als Bezugszeitraum mit den sich aus diesen

Überlegungen ergebenden Gleichungen nicht nur Kosten und Gewinne im Jahresdurchschnitt, sondern durchaus auch für eine Einzelreise ermittelt werden können. Auf diese Frage wird noch näher eingegangen, hier sei nur darauf hingewiesen, dass bei Berechnung einer Einzelreise nicht die Jahresdurchschnittswerte $\bar{s}$ und $\bar{s}^+$, sondern die Werte s und s^+ für eben diese betrachtete Reise eingesetzt werden müssen. Zunächst soll die Behandlung im folgenden sich weiterhin auf das Jahr als Bezugszeitraum beziehen.

Aus allen diesen Voraussetzungen ergibt sich nun für die Netto- oder Nutztragfähigkeit (R_N):

$$R_N = R_D - R_V = \nu R - \mu R^{2/3} v^2 \cdot \bar{s} \cdot \bar{s} \,.$$

Anschliessend sollen jetzt die Kosten ermittelt werden. Die Kosten für Zinsen und Amortisation, für Reparatur und Unterhaltung und für Versicherung sind etwa proportional zu $R^{2/3}$ (mit R als BR-Tonnage - Svendsen sieht sie als proportional zur Schiffslänge an - (lit.12o)). Alle diese Kosten sollen zusammengefasst werden; ihre Grösse für ein Jahr wird mit J_α bezeichnet. Für sie gilt nach dem Gesagten, wenn alpha ein Proportionalitätsfaktor ist:

$$J_\alpha = \alpha R^{2/3}$$ (wegen α siehe S.185)

Die Besatzungskosten seien:

$$J_\beta = \beta R^{2/3}$$ (wegen β siehe S.185)

Die Brennstoffkosten sind ebenfalls unterproportional der Schiffsgrösse, proportional dem Brennstoffpreis, überproportional der Schiffsgeschwindigkeit und entstehen überwiegend nur während der reinen Fahrzeit des Schiffes; letzteres bedeutet gemäss dem früher Gesagten, dass sie proportional zu $\psi(1-\tau)$ sind. Dieses soll formelmässig so erfasst werden:

$$J_v = \gamma R^{2/3} p \cdot v^3 \psi (1-\tau)$$ (wegen γ siehe S.185)
p:Brennstoffpreis

(siehe auch die weiteren Erläuterungen S. 267)

Die Hafenkosten seien:

$$J_\delta = \delta R^{2/3} \psi \cdot \tau$$ (wegen δ siehe S.185)

Für Verwaltungskosten und verschiedene Kosten nehmen wir an:

$$J_\varepsilon = \varepsilon R^{2/3} \qquad \text{(wegen } \varepsilon \text{ siehe S.185)}$$

Zählt man nun alle Kosten zusammen und dividiert sie durch das Produkt aus nutzbarer Tragfähigkeit und jährlicher Fahrstrecke, so erhält man die Kosten (c) je (unter diesen Voraussetzungen vom Schiff herausgefahrenen) Tonnenkilometer.

$$c = \frac{R^{2/3}\left[\alpha+\beta+\gamma p v^3 \psi(1-\tau)+\delta\psi\tau+\varepsilon\right]}{\left[\psi v T_0(1-\tau)\right]\cdot\left[vR-\mu R^{2/3} v^2 \bar{s}\,\bar{s}^*\right]}$$

Zur Vereinfachung der Rechnung kann die Gleichung auch so geschrieben werden:

$$c = \frac{\alpha+\beta+\gamma p v^3 \psi(1-\tau)+\delta\psi\tau+\varepsilon}{\left[\psi v T_0(1-\tau)\right]\cdot\left[vR^{1/2}-\mu v^2 \bar{s}\,\bar{s}^*\right]}$$

Im Zähler stehen also die jährlich entstehenden Kosten J_α, J_β, J_γ, J_δ und J_ε, deren Summe wir mit J bezeichnen wollen. (Dies gilt wie das unmittelbar folgende nur für die obere Gleichung). Im Nenner stehen die jährliche Fahrstrecke (S), ausgedrückt durch $\left[\psi v T_0(1-\tau)\right]$ und die während dieser jährlichen Fahrstrecke zur Verfügung stehende und für Frachtgut nutzbare Tragfähigkeit (R_N), ausgedrückt durch

$$\left[vR-\mu R^{2/3} v^2 \bar{s}\,\bar{s}^*\right]$$

Obige Gleichung kann also auch kurz so ausgedrückt werden:

$$c = \frac{J}{S \cdot R_N}$$

Das Produkt aus S und R_N im Nenner der Gleichung gibt an, wie viele Tonnenkilometer Transportleistung unter den gemachten Voraussetzungen möglich sind. Es gibt also, mit anderen Worten, an, welche Jahres-Transportkapazität das Schiff unter den gemachten Voraussetzungen für den Gütertransport aufbringen kann. Wegen der Bedeutung dieser Grösse soll sie ein eigenes Formelzeichen erhalten (K_i) und als "Erbringbare Jahres-Transportkapazität" bezeichnet werden. Mit diesen Bezeichnungen kann die obige Formel also auch so ausgedrückt werden:

$$c = \frac{J}{K_i}$$

Die Jahreskosten (J) und die nutzbare Tragfähigkeit (R_N) sind beide für das ganze Schiff mit der Bruttoregistertonnage (R)

berechnet. Unter Umständen ist es zweckmässig, sie für eine einzelne BR-Tonne dieses Schiffes zu berechnen. Das geschieht, indem die Jahreskosten J und die nutzbare Tragfähigkeit R_N durch die Bruttoregistertonnage des betreffenden Schiffes dividiert werden.

Die Formelzeichen für diese Grössen seien:

Jahreskosten je BRT: j ($= J/R$)

Nutzbare Tragfähigkeit je BRT: r_N ($= R_N/R$)

und entsprechend für die

erbringbare Jahres-Transportkapazität je BRT: k_i ($= K_i/R$)

Die jährliche Fahrstrecke ist natürlich für das ganze Schiff und für eine BRT desselben gleich gross, ebenso ist natürlich auch der Wert c davon unabhängig, ob er aus der Division der Kosten für das Gesamtschiff durch die Transportkapazität des Gesamtschiffes oder aus der Division der Kosten einer BRT durch die Transportkapazität einer BRT errechnet wird. Damit entstehen folgende Gleichungen:

$$c = \frac{R^{-1/3}\left[\alpha+\beta+\gamma\rho v^3\psi(1-\tau)+\delta\psi\tau+\varepsilon\right]}{\left[\psi v \tau_0(1-\tau)\right]\left[v-\mu R^{-1/3}v^2\bar{s}\bar{s}^*\right]}$$

$$c = \frac{j}{Sr_N} = \frac{j}{k_i}$$

Unter keinen Umständen dürfen die Kosten <u>für ein Schiff von 1 BRT</u> mit den Kosten <u>für eine BRT eines Schiffes von R BRT</u> verwechselt werden. Die Verschiedenheit dieser Kosten sei an den Besatzungskosten erläutert.

Die Kosten für ein Schiff von R BRT betragen

$$J_\beta = \beta R^{2/3}$$

Die Kosten für eine BRT eines Schiffes von R BRT betragen

$$j_\beta = J_\beta/R = \beta R^{-1/3}$$

Die Kosten für ein Schiff von 1 BRT (dass es derartig kleine Schiffe gar nicht gibt, soll ausser Betracht bleiben) betragen

$$\beta \cdot 1^{2/3} = \beta$$

Wir erkennen nun auch die Bedeutung der Proportionalitätsfakto-

ren $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ und ε . Sie entsprechen den jeweiligen Jahreskosten für ein (gedachtes !) Schiff von 1 BRT. Bei grösseren Schiffen steigen die Kosten für das (gesamte) Schiff, jedoch steigen sie degressiv.
Wie schon angedeutet, können die bisher abgeleiteten Gleichungen ebenso übrigens wie die folgenden sowohl für die Berechnung der Tonnenkilometer-Kosten im Jahresdurchschnitt wie aber auch für beliebige andere Zeiträume oder aber auch für eine Einzelreise benutzt werden. Alle vorkommenden Werte, wie etwa der Brennstoffpreis (p), müssen dann statt mit ihrem Jahresdurchschnittswert mit dem für diesen Zeitraum oder für die Einzelreise massgebenden Wert eingesetzt werden. Über die Werte s und s^+ bzw. $\bar{s}$ und $\bar{s}^+$ wurde schon gesprochen. Lediglich bei den Werten $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ und ε ist unter Umständen eine Umrechnung nötig. Das sei wiederum am Beispiel der Besatzungskosten erläutert. Durch die Umformung der entsprechenden Gleichung erhält man:

$$ß = \gamma_ß / R^{2/3} = \gamma_ß \cdot R^{-2/3} \qquad \text{[S.183]}$$

Man kann also den Proportionalitätsfaktor ß aus den Jahresbesatzungskosten errechnen. Betrachtet man nun etwa eine Einzelreise mit einer Reisedauer von einem Monat und sind die Besatzungskosten für diese Einzelreise bekannt, so müssen sie zur Ermittlung von ß auf den Bezugszeitraum, also das Jahr, umgerechnet werden. In dem Beispiel ergibt sich für den Wert $J_ß$ die zwölffache Höhe der Besatzungskosten für die Einzelreise.

Im folgenden sind mit Hilfe der bisher abgeleiteten Gleichungen einige Funktionalbeziehungen zwischen den bisher eingeführten Grössen abgeleitet worden. Zur Verdeutlichung sei dabei als Beispiel ein Erz-Transportschiff gewählt, für das bei Frank M. Fisser (Lit.28) eine Frachtkalkulation aufgeführt ist. Da dort nicht alle interessierenden Werte angegeben sind, mussten hier einige zusätzlich angenommen werden.
Es mag sein, dass einige der auftretenden Werte nicht sehr praxisnah sind, insbesondere dürfte die Geschwindigkeit des Schiffes zu niedrig sein; trotzdem lassen sich viele Funktionalbeziehungen deutlich aus diesem Beispiel herleiten.

Die aus der erwähnten Frachtkalkulation errechneten bzw. angenommenen Werte lauten:

$$\alpha = 1300\left[\frac{DM}{(BRT)^{2/3}}\right];\ \beta = 935\left[\frac{DM}{(BRT)^{2/3}}\right];\ p = 70\ \left[\frac{DM}{t}\right];\ \gamma = 6{,}71 \cdot 10^{-3}\left[\frac{t \cdot h^3}{(BRT)^{2/3} \cdot km^3}\right]$$

$$\psi = 0{,}96\ ;\ \delta = 5360\left[\frac{DM}{(BRT)^{2/3}}\right];\quad \varepsilon = 218\left[\frac{DM}{(BRT)^{2/3}}\right];\ \tau = 0{,}24\ ;\quad v = 17{,}5\ \left[\frac{km}{h}\right];$$

$$\mu = 1{,}04 \cdot 10^{-6}\left[\frac{t \cdot h^2}{(BRT)^{2/3} km^3}\right];\quad \nu = 1{,}5\ \left[\frac{t}{BRT}\right];\quad s = 4000\ [km];\quad s^* = 1$$

Für den Wert c ergibt sich damit:

$$c = \frac{\alpha+\beta+\gamma p v^3 \psi (1-\tau)+\delta\psi\tau+\varepsilon}{[\psi v T_0(1-\tau)]\,[\nu R^{1/3}-\mu v^2 s s^*]} \qquad [S.184]$$

$$c = \frac{1300+935+6{,}71 \cdot 10^{-3} \cdot 70 \cdot 17{,}5 \cdot 0{,}96\,(1-0{,}24)+5360 \cdot 0{,}96 \cdot 0{,}24+218}{[0{,}96 \cdot 17{,}5 \cdot 8760 \cdot (1-0{,}24)]\,[1{,}5R^{1/3}-1{,}04 \cdot 10^{-6} \cdot 17{,}5^2 \cdot 4000 \cdot 1]}$$

$$c = \frac{1300+935+1830+1230+218}{112000\,[1{,}5\,R^{1/3}-1{,}265]}$$

$$c = \frac{5513}{168000R^{1/3}-142000}\ \left[\frac{DM}{t\ km}\right]$$

Wie man sieht, sind hier die Dimensionen der auftretenden Werte nicht miteingesetzt, sondern es wurde nur mit den Zahlenwerten gerechnet. Obige Gleichung für c ist nämlich zugleich eine Dimensionsgleichung und eine Zahlenwertgleichung. Berücksichtigt man die Dimensionen, so könnte man beispielsweise die Schiffsgeschwindigkeit v in jeder beliebigen Geschwindigkeitsdimension einsetzen, also beispielsweise in Knoten oder km/h oder auch in cm/Jahr usw.; die Gleichung ist jedoch so aufgebaut, dass man auf alle Dimensionsrechnungen bei der Ausrechnung verzichten kann, wenn man die einzusetzenden Werte mit den oben vermerkten Dimensionen einsetzt, also

sämtliche Längenangaben in km, sämtliche Zeitangaben in h usw.. Die Schiffsgeschwindigkeit v muss also beispielsweise in km/h eingesetzt werden. Das gleiche gilt übrigens auch für die später folgenden Gleichungen, die Dimensionen der vorkommenden Werte werden daher nicht jedesmal mit angegeben.

In den obigen Gleichungen wurde die Bruttoregistertonnage des Schiffes (R) nicht eingesetzt, da als erste Funktionalbeziehung die Abhängigkeit der Kosten je erbringbaren Tonnenkilometer von der Schiffsgrösse, ausgedrückt durch deren BR-Tonnage (R), untersucht werden soll. In der folgenden Tabelle 25 sind die für verschiedene Werte von R errechneten Werte von c aufgeführt, und zwar einmal mit den obigen Daten, zum anderen abweichend davon mit einem Brennstoffpreis von 14o DM/t. Graphisch werden diese Beziehungen im Schaubild 6 dargestellt.

Tabelle 25

R (BRT)	c (DM/t km) für p = 70 (DM/t)	c (DM/t km) für p=140 (DM/t)
200	0,00652	0,00867
400	0,00502	0,00666
600	0,00432	0,00575
800	0,00387	0,00515
1000	0,00357	0,00475
2000	0,00277	0,00370
4000	0,00218	0,00290
6000	0,00189	0,00250
8000	0,00171	0,00228
10 000	0,00158	0,00210
20 000	0,00127	0,00170
50 000	0,00119	0,00159

Das der Frachtkalkulation von Fisser zugrunde liegende Schiff hat eine Tragfähigkeit von 8 345 t dw (all told), die BR-Tonnage dieses Schiffes kann man auf 5560 BRT schätzen.
Wenn man die in der Kalkulation aufgeführten Kosten für eine Reise (64 13o DM) durch die Nutztraglast (ca. 795o t) und die Fahrstrecke der Reise (ca. 4ooo km) dividiert, so ergibt sich

für die Kosten je Tonnenkilometer ein Wert von o,oo2o2 DM/ t km.
Es ergibt sich also in diesem Fall eine recht gute Übereinstimmung zwischen der Kalkulation bei Fisser und der hier abgeleiteten Gleichung, wobei man allerdings bedenken muss, dass die hier ermittelten Arbeitswerte zum Teil eben aus dieser Kalkulation hergeleitet wurden.

Wir sehen aus unserer Tabelle bzw. der graphischen Darstellung, dass die Kosten je Tonnenkilometer mit wachsender Schiffsgrösse abnehmen. Wir sehen aber auch, dass sie bei einem Brennstoffpreis von 14o DM/t stärker abnehmen als bei einem solchen von 7o DM/t. Setzen wir in beiden Fällen den Wert c für eine Schiffsgrösse von 2oo BRT gleich 1oo %, so ergibt sich für das Schiff mit 2ooo BRT folgendes:

Tabelle 26

R	c (p=70)	c (p=140)
200	100%	100 %
2000	42,5 %	42,5 %
200	0,00652 DM/t km	0,00867 DM/t km
2000	0,00277 "	0,00370 "
Absol. Differenz R=200 gegenüb. R= 2000	0,00375 "	0,00497 "

Während also absolut gesehen die Kostensenkung durch Schiffsvergrösserung bei einem höheren Brennstoffpreis grösser ist als bei einem niedrigen, ist die relative Kostensenkung in beiden Fällen gleich gross. Svendsen (Lit.121) bezieht sich nur auf die absolute Kostensenkung und leitet aus dieser her, dass grosse Schiffe um so rentabler sind, je höher die Brennstoffpreise sind. Das ist allerdings nur dann in jedem Fall richtig, wenn mit der Brennstoffpreiserhöhung nicht zugleich eine Erhöhung der Frachtraten verbunden ist, wie an einem einfachen Beispiel gezeigt werden soll.

Der jährliche Gewinn (g) für jede BRT eines Schiffes ist gleich dem Produkt aus der Jahres-Transportkapazität einer BRT (k_i) in Tonnenkilometern und der Differenz aus Frachtsatz (f) und Kosten (c) je Tonnenkilometer, als Formel ausgedrückt

$$g = k_i \cdot (f - c) \quad \text{oder} \quad g/k_i = (f - c)$$

Für die Differenz (f - c) ergeben sich nun unter verschiedenen Voraussetzungen folgende Werte (Rechnung mit gerundeten Zahlen!):

Tabelle 27

R	(f-c) für p=70 und f=0,01	(f-c) für p=140 und f=0,01	(f-c) für p=140 und f=0,02
200	0,0035	0,0013	0,0113
2000	0,0072	0,0063	0,0163
Relative Gewinn-vermehrung	106 %	385 %	44 %

Wenn also der Frachtsatz, der in diesem Beispiel der Deutlichkeit halber ungewöhnlich hoch angenommen wurde, bei Erhöhung des Brennstoffpreises nicht ebenfalls steigt, ist tatsächlich bei einer Erhöhung der Brennstoffpreise die Vergrösserung der Schiffe um so rentabler, je höher die Brennstoffpreise werden. Steigen jedoch gleichzeitig mit der Erhöhung der Brennstoffpreise auch die Frachtpreise, so kann eine umgekehrte Tendenz auftreten, die die Rentabilität grosser und kleiner Schiffe einander annähert. Bei diesem Beispiel ist nicht berücksichtigt worden, dass mit den Brennstoffpreisen und den Frachtpreisen im allgemeinen wohl auch alle übrigen Preise steigen, es bleibt jedoch auch bei eingehenderer Betrachtung dabei, dass durch Brennstoffpreiserhöhungen die grösseren und durch Frachtsatzerhöhungen die kleineren Schiffe relativ weniger beeinträchtigt bzw. relativ mehr begünstigt werden.

Entsprechendes wie für die Brennstoffpreise und damit die Brennstoffkosten gilt auch für die übrigen Kosten, also die Besatzungskosten, Hafenkosten usw., auch hier werden bei Preiserhöhungen die grösseren Schiffe relativ weniger beeinträchtigt.
Es sei noch darauf eingegangen, dass nach der abgeleiteten Formel die Kosten je Tonne erbringbarer Transportkapazität für unendlich grosse Schiffe theoretisch zu
Null werden, dass demnach zur Erhöhung der Rentabilität die Schiffsgrösse ins Unermessliche gehen müsste. Man sieht hieran, dass die Formeln mit der nötigen kritischen Reserve angewandt werden müssen und dass sie einer verständigen Interpretation bedürfen. Es ist natürlich nicht möglich, alle relevanten Zusammenhänge in sie einzubauen, d.h. also in diesem Falle die Zusammenhänge, die auf eine Begrenzung der Schiffsgrösse hinwirken. Einige dieser Zusammenhänge werden im folgenden noch berührt werden, andere Gründe, wie etwa die Beschränkung durch die Grösse der Häfen usw., seien hier nur angemerkt.
Immerhin ist es beachtlich, dass beispielsweise Supertanker mit einer derartigen Grösse gebaut werden, dass mit ihnen etwa die Benutzung des Suez-Kanals nicht mehr möglich ist. Einer Vergrösserung der Schiffe ins Unermessliche hingegen steht neben vielen anderen Gründen allein schon der Umstand entgegen, dass die durch Schiffsvergrösserung erreichbare Kostensenkung mit wachsender Schiffsgrösse immer geringer wird. Bei unserem Beispiel etwa beträgt die Kostensenkung eines Schiffes von 2ooo BRT gegenüber einem solchen von 2oo BRT 57,5 %, diejenige eines Schiffes von 2o ooo BRT gegenüber einem solchen von 2ooo BRT schon nurmehr 44 %.
Dabei muss man bedenken, dass im ersten Fall die Differenz in der Schiffsgrösse 18oo, im zweiten Fall dagegen 18 ooo BRT beträgt.

Zur Untersuchung der Kosten je Tonnenkilometer (c) kann man die Gleichung für c auf folgende Form bringen:

$$c = \frac{a}{b - e \cdot \bar{ss}}.$$ [S.184]

Dabei ist: $a = R^{2/3}[\alpha+\beta+\gamma\rho v^3\psi(1-\tau)+\delta\psi\tau+\varepsilon]$

$b = \psi v T_o(1-\tau)vR$ und $e = \psi v T_o(1-\tau)\mu R^{2/3}v^2$

Nehmen wir zunächst an, dass $\bar{s}^+$ konstant bleibt, so sehen wir, dass die Kosten c mit wachsender Fahrstrecke der Einzelreise steigen.
Aus der Schiffahrtspraxis ist man nun jedoch gewohnt, dass wenn der Frachtsatz überhaupt von der Transportstrecke der Transportgüter abhängig gemacht wird, dass er dann mit grösserer Transportstrecke niedriger wird und nicht höher, wie es an Hand der Kostenentwicklung, jedenfalls an Hand der letzten vereinfachten Formel, zu erwarten wäre. Allerdings ist in dieser Formel bereits eine Grösse enthalten, die einen gegenteiligen Einfluss ausüben kann, nämlich $\bar{s}^+$. Im Durchschnitt wird bei einer längeren Reisestrecke öfter gebunkert und unterwegs neues Frachtgut übernommen, womit dann im Ausgleich zu wachsendem s der Wert $\bar{s}^+$ kleiner würde; aber es kann durchaus vorkommen, dass bei einer längeren Fahrstrecke nicht öfter Zwischenstation gemacht wird als bei einer kürzeren, so dass also $\bar{s}^+$ tatsächlich, wie hier angenommen, konstant bleibt. Es bleibt dann aber noch zu bedenken, dass in den Konstanten a, b und e der Wert tau enthalten ist, der den Zeitanteil der Hafenaufenthalte an der Reisezeit angibt. Dieser Wert wird ebenfalls bei längerer Reisestrecke kleiner werden und den Einfluss des Wachsens des Wertes s kompensieren. Die "Konstanten" a, b und e sind also gegenüber der ersten vereinfachten Annahme in Wirklichkeit doch keine Konstanten, ausser eben, wenn der Wert tau konstant bleibt. Auf weitere allgemeine Schlüsse hinsichtlich der Abhängigkeit der Kosten c von der Reisestrecke s soll hier verzichtet werden.

Interessante Schlüsse lassen sich hinsichtlich der Abhängigkeit der Kosten c von der Reisegeschwindigkeit v ziehen. Für diese Untersuchung werde die Gleichung für c in folgende Form gebracht:

$$c = \frac{a+bv^3}{ev-hv^3}$$ [S.184]

mit $a = \alpha+\beta+\delta\psi\tau+\epsilon$

$b = \gamma p\psi(1-\tau)$

$e = \psi\tau_t(1-\tau)v$

$h = \psi\tau_b(1-\tau)\mu s s^*$ bzw. $h = \psi\tau_b(1-\tau)\mu\xi\xi^*$

Zunächst einmal wurden für das erwähnte Frachtschiffbeispiel für einige Werte von v die zugehörigen Werte von c errechnet und anschliessend in Tabelle 28 zusammengestellt sowie im Schaubild 6 graphisch dargestellt.

Tabelle 28

v(km/h)	c (DM/t km)
1	0,0218
2	0,0109
3	0,00733
4	0,00550
5	0,00443
10	0,00242
20	0,00202
30	0,00394
40	0,00507
50	0,00910
60	0,0179
70	0,0452

Die Kosten haben in dem Beispiel ihren Optimalwert nahe bei einer Geschwindigkeit von v = 2o km/h. Man sieht, dass die Kostenkurve etwa einen muldenförmigen Verlauf hat, d.h., dass die Kosten für Geschwindigkeiten in der Nähe der Optimalgeschwindigkeit sich noch verhältnismässig wenig von den Optimalkosten unterscheiden, dass sie aber bei weiterer Entfernung von der Optimalgeschwindigkeit, sei es im Bereich höherer oder niedrigerer Geschwindigkeiten, sehr stark ansteigen. (Dass derartige extrem hohe Werte wie v=7o km/h und derartig niedrige Werte wie v = 1 km/h in der Praxis nicht vorkommen, ist selbstverständlich; sie sind nur der Deutlichkeit halber mit aufgenommen worden.)

Zwecks Vergleich mit späteren Untersuchungen soll nun die Lage

des Optimums für das Schiff genau bestimmt werden. Dazu wird die Gleichung

$$c = \frac{a + bv^3}{ev - hv^3}$$

differenziert, wobei sich ergibt:

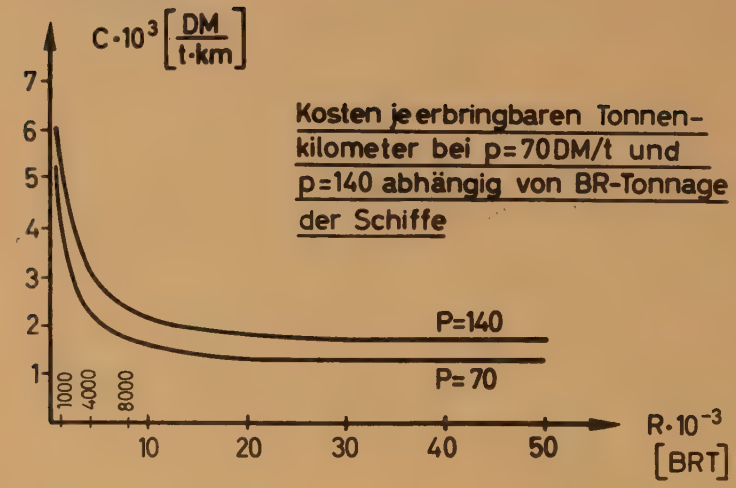
$$\frac{dc}{dv} = \frac{(3bv^2)\cdot(ev - hv^3) - [(a + bv^3)(e - 3hv^2)]}{(ev - hv^3)^2}$$

Dieser Wert muss für die Optimalgeschwindigkeit zu Null werden; diese Bedingung ist erfüllt, wenn der Zähler des Wertes zu Null wird.
Nach einigen Umformungen ergibt sich damit folgende Beziehung für die Optimalgeschwindigkeit, die wir in Zukunft mit v_o bezeichnen wollen:

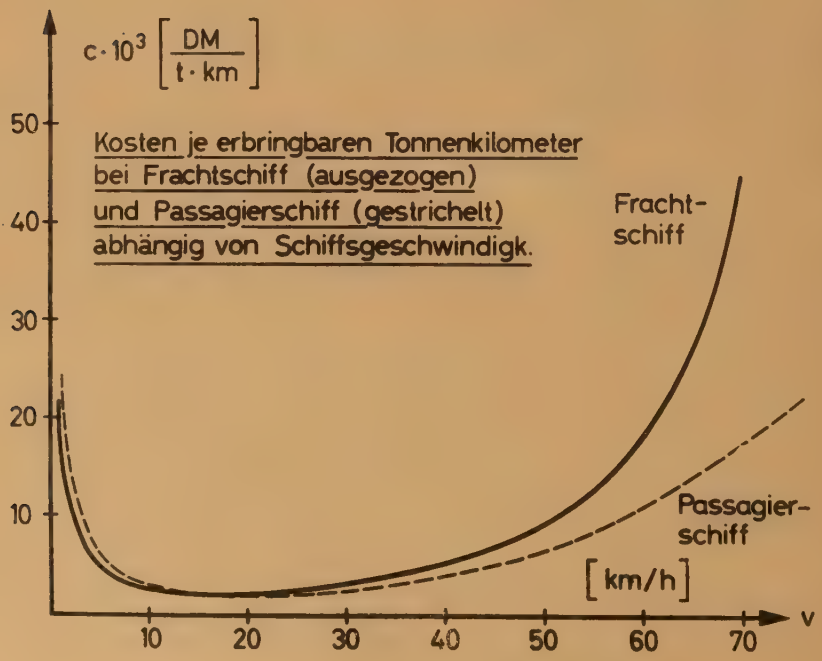
$$2\frac{b}{a}v_o^3 + 3\frac{h}{e}v_o^2 = 1$$

Daraus ergibt sich für das Beispiel eine Optimalgeschwindigkeit v_o = 16,7 km/h und für den zugehörigen Wert c:
c_o = o,oo195 $\frac{DM}{t \cdot km}$

Schaubild 6



Kosten je erbringbaren Tonnenkilometer bei p=70 DM/t und p=140 abhängig von BR-Tonnage der Schiffe



Kosten je erbringbaren Tonnenkilometer bei Frachtschiff (ausgezogen) und Passagierschiff (gestrichelt) abhängig von Schiffsgeschwindigk.

Aus der letzten Beziehung für die Optimalgeschwindigkeit v_o lassen sich nun folgende allgemeine Schlüsse ziehen (die Werte für a, b, e und h sind eingesetzt worden):

$$\frac{\gamma p \psi (1-\tau)}{\alpha+\beta+\delta\psi\tau+\varepsilon} \cdot 2v_o^3 + \frac{\mu 55^*}{\sqrt{R^{1/3}}} \cdot 3v_o^2 = 1$$

Je grösser der Wert gamma (bei sonst unveränderten Werten) wird, desto kleiner wird die Optimalgeschwindigkeit v_o. Am Beispiel der Besatzungskosten wurde gezeigt, welche Bedeutung die Werte $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ und ε haben. In dem Beispiel stellte ß die Besatzungskosten für ein Schiff mit der (nur theoretisch vorstellbaren) Grösse von 1 BRT dar. Rein theoretisch ist dieser Wert von der Schiffsgrösse unabhängig, denn die Beziehung für die jährlichen Besatzungskosten eines Schiffes von R BRT lautete ja:

$$J_\beta = \beta \cdot R^{2/3}. \qquad [S.185]$$

Diese Beziehung wurde ja gerade unter der Voraussetzung aufgestellt, dass ß konstant sei und der gesamte Einfluss der Schiffsgrösse auf die jährlichen Besatzungskosten (J_β) durch Multiplikation des konstanten Wertes mit $R^{2/3}$, also eben durch den Faktor $R^{2/3}$ wiedergegeben würde. In der Praxis wird jedoch der Wert ß nicht konstant sein, einmal weil der Einfluss der Schiffsgrösse durch den Faktor $R^{2/3}$ wahrscheinlich nur unvollkommen wiedergegeben wird, zum anderen aber auch, weil auch gleich grosse Schiffe nicht unbedingt die gleichen Besatzungskosten zu haben brauchen. Immerhin wird jedoch ß durch den hier gewählten Aufbau der Beziehungen ein Wert sein, der sich nur innerhalb gewisser Grenzen bewegt, man könnte ß also als "Quasikonstante" bezeichnen. Für bestimmte Schiffstypen wird überdies ß ganz bestimmte charakteristische Werte annehmen: für Fahrgastschiffe wird ß grösser sein als für Frachtschiffe, für moderne Schiffe kleiner als für ältere usw.
Ähnliche Bedeutung haben die Werte α, γ, δ u. ε. Wie man von dem Wert ß sagen kann, dass er die spezifischen Besatzungskosten eines Schiffes darstelle, nämlich die von dem konkreten Schiff auf ein gedachtes Einheitsschiff von 1 BRT Grösse umgerechneten Besatzungskosten, so kann man den Wert gamma als die

spezifischen Brennstoffkosten eines Schiffes bezeichnen. Man erhält die spezifischen Brennstoffkosten aus der Beziehung:

$$J_\gamma = \gamma \cdot pv^3 \psi (1-\tau) R^{2/3} \qquad \gamma = \frac{J_\gamma}{pv^3 \psi (1-\tau) R^{2/3}} \quad [S.183]$$

Diese Beziehung besagt, in Worten ausgedrückt, folgendes: Die Jahresbrennstoffkosten (J_γ) werden durch den Brennstoffpreis, die dritte Potenz der Geschwindigkeit usw. dividiert und somit wird festgestellt, welche Höhe die jährlichen Brennstoffkosten gehabt hätten, wenn der Brennstoffpreis (p), die Geschwindigkeit (v), der Wert psi und die Schiffsgrösse (R) alle den Wert 1,o gehabt hätten und der Wert tau gleich Null gewesen wäre. Die Jahresbrennstoffkosten unter diesen besonderen Umständen sind eben gleich dem Wert gamma. Der Wert gamma ist also eine Grösse, aus der alle mehr oder minder äusseren Einflüsse, wie Brennstoffpreis, Hafenzeitanteil usw., eleminiert sind, und eignet sich daher gut zum Vergleich ganz verschiedenartiger Schiffe unter ganz verschiedenen äusseren Voraussetzungen. Mit Recht kann daher gamma als mit: "spezifische Brennstoffkosten" bezeichnet werden. Auch hier treten charakteristische Werte von gamma auf. Grosse Schiffe werden einen etwas anderen Wert von gamma haben als kleine, da die Annahme, dass die Jahresbrennstoffkosten dem Wert $R^{2/3}$ proportional seien, wohl nur näherungsweise richtig ist; entsprechendes gilt wahrscheinlich für Schiffe unterschiedlicher durchschnittlicher Reisegeschwindigkeit. Ausserdem werden Schiffe gleicher Antriebsart ähnliche Werte von gamma aufweisen, bei Schiffen unterschiedlicher Antriebsart werden die Werte von gamma voneinander abweichen. Will man speziell auf die letzte Frage hin untersuchen, so ist es vielleicht zweckmässig, zum Vergleich nicht den Wert gamma, sondern den Wert

$$(\gamma \cdot p)$$

zugrunde zu legen.

Wir sehen nun also aus der Beziehung für v_o:
Je grösser die spezifischen Brennstoffkosten (bei einem alten Schiff sind sie z.B. grösser als bei einem modernen!), je grösser die Brennstoffpreise, je grösser der Wert psi und je kleiner der Wert tau sind, um so niedriger ist die

Optimalgeschwindigkeit v_o.
Je grösser die spezifischen Kosten α; β; δ und ε sind, um so grösser wird v_o. Zusammengefasst kann man sagen: Je höher das Verhältnis der jährlichen Brennstoffkosten zu den sonstigen Kosten ist, um so niedriger ist die Optimalgeschwindigkeit. Aus dem zweiten Teil der Beziehung für v_o kann man folgern: Je grösser der Wert $(\bar{s} \cdot \bar{s}^{+})$, desto geringer die Optimalgeschwindigkeit; je grösser der Wert mü (den man aus ähnlichen Überlegungen wie oben als spezifisches Vorratsgewicht bezeichnen kann), desto kleiner v_o und schliesslich: je grösser das Schiff (und damit R) ist, desto höher ist die Optimalgeschwindigkeit.
Wenn in den letzten Ausführungen von einer "Optimalgeschwindigkeit" die Rede war, so ist das so zu verstehen, dass bei dieser Geschwindigkeit die Kosten ein Minimum haben, es handelt sich also um eine Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich der Kosten im Gegensatz zu der später behandelten Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich des Gewinns.

Es wäre nun interessant, den voraufgegangenen Überlegungen, die sich auf das Beispiel eines Frachtschiffes stützten, ähnliche Untersuchungen für andere Schiffstypen folgen zu lassen, um die Unterschiede festzustellen. Demgemäss wurde versucht, die vorstehenden Überlegungen so auszuweiten, dass auch Passagierschiffe und kombinierte Fracht-Passagier-Schiffe von ihnen erfasst werden könnten. Im Verhältnis zu den bisherigen Überlegungen haftet der folgenden Untersuchung in höherem Grade der Charakter der Abstraktion an. Das schwierigste Problem für diese und manche andere Frage liegt in der alternativen Begrenzung der Ladekapazität entweder durch die Tragfähigkeit oder durch die räumliche Grösse der Laderäumte begründet. Zur Vorbereitung der kommenden Untersuchung sei hier auf dieses Problem etwas näher eingegangen.
Es soll, mit Bezug auf die Verhältnisse in der Praxis, einmal angenommen werden, dass ein Schiff überwiegend relativ schwere Ladung findet, so dass seine Ladefähigkeit durch die Tragfähigkeit begrenzt ist. Im allgemeinen wird dann ein Frachtsatz

festgesetzt, der sich auf das Gewicht der Transportgüter bezieht. Wenn beispielsweise der Frachtsatz (f) o,oo35 DM/t km oder $3,5 \cdot 10^{-3}$ DM/t km beträgt und Frachtgut mit einem Gewicht von 2 t über eine Entfernung von 1ooo km transportiert werden soll, so beträgt der Transportpreis:

$$3,5 \cdot 10^{-3} \text{ DM/t km} \cdot 2 \text{ t} \cdot 1000 \text{ km} = 7 \text{ DM}$$

(Dass vielfach auch der Frachtsatz sich nach dem Wert der transportierten Güter richtet, sei hier nur angemerkt; eine Berücksichtigung dieser Tatsache in der Theorie war hier nicht möglich).

Im allgemeinen wird die Nutztragfähigkeit der Schiffe nicht immer ausgenutzt werden können, da ein Schiff nicht immer warten kann, bis es voll beladen ist. Wir nennen das Verhältnis der ausgenutzten zur ausnutzbaren Tragfähigkeit λ_l und bezeichnen diese Grösse in Zukunft kurz als Ladegrad. Man sollte meinen, dass der Wert des Ladegrads nie grösser als 1 werden könnte. Nach den folgenden Voraussetzungen stimmt das jedoch nicht, der Ladegrad kann unter besonderen Umständen beträchtlich über den Wert 1 hinausgehen.

Es wurde schon gesagt, dass der Transportpreis sich in erster Linie nach dem Gewicht der betreffenden Güter richtet. Nun kann es vorkommen, dass unter anderem auch extrem leichte Frachtgüter aufgeliefert werden oder dass gar der grösste Teil der Ladung aus Leichtgütern besteht. Es ist einleuchtend, dass der Transportpreis für diese Güter nicht nur nach dem Gewicht berechnet werden kann; denn es kann ja vorkommen, dass in solchem Fall die Ladefähigkeit durch die Grösse der Laderäumte begrenzt wird, so dass der Reeder, der seine Frachtsätze in Erwartung einer bestimmten Ausnutzung der Tragfähigkeit, also in Erwartung eines bestimmten Ladegrades lambda_1, kalkuliert hat, zu kurz kommt. Es ist natürlich auch nicht möglich, den Frachtsatz von Fall zu Fall entweder an der Tragfähigkeit oder an der Grösse der Laderäumte auszurichten, jedenfalls dann nicht, wenn die Art der Ladung nicht schon vor Festsetzung des Frachtpreises bekannt ist; abgesehen davon ist es aus verschiedenen Gründen praktischer, vom Gewicht auszugehen.

Man kann hier nun etwa folgende Überlegung anstellen:
Angenommen, das Schiff hätte (je BRT) eine nutzbare Tragfähigkeit von 1,5 t/BRT und einen Laderaum von 2 m^3/BRT aufzuweisen. Hätten die Güter ein spezifisches Gewicht von o,75 t/m^3, so wäre bei einer vollen Ausnutzung der Tragfähigkeit gerade auch der Laderaum voll ausgenutzt. Bei jedem geringeren spezifischen Gewicht der Transportgüter käme der Reeder, von dem wir annehmen, dass er seinen Frachtsatz in Erwartung einer vollen Ausnutzung der Tragfähigkeit kalkuliert habe, nicht mehr auf seine Kosten.
Auch bei einer gemischten Ladung kann das vorkommen. Nehmen wir etwa an, dass er (je BRT) o,5 t eines Gutes mit dem spezifischen Gewicht 2,o und daneben ein anderes Gut mit dem spezifischen Gewicht o,1 zu transportieren hätte. Das erste Gut nimmt einen Raum von o,25 m^3 in Anspruch. Für das zweite Gut stehen dann noch 1,75 m^3 zur Verfügung, das Gewicht beträgt o,175 t.

Von der vorhandenen Tragfähigkeit von 1,5 t/BRT werden dann nur o,675 t/BRT ausgenutzt, so dass der Reeder also Schaden erleiden wird. Der Reeder wäre vor derartigen Überraschungen sicher, wenn er alle Güter mit einem höheren spezifischen Gewicht als o,75 nach dem Gewicht belasten würde und alle Güter mit einem geringeren spezifischen Gewicht nach dem Produkt aus dem Gewicht der Güter und dem Verhältnis von o,75 und dem spezifischen Gewicht des Gutes.
Soll beispielsweise ein Gut von 2 t Gewicht und einem spezifischen Gewicht von o,25 t/m^3 auf eine Strecke von 1ooo km befördert werden, so ergäbe sich bei einem Frachtsatz von $3,5 \cdot 10^{-3}$ DM/t km: für den Transportpreis:

$3,5 \cdot 10^{-3}$ DM/t km $\cdot$ 2 t $\cdot$ o,75/o,25 $\cdot$ 1ooo km = 21 DM

Wie gesagt, der Reeder geht in diesem Fall absolut sicher. Auch bei der ungünstigsten Kombination der aufgegebenen Frachtgüter kann ihm hierdurch kein Verlust entstehen. Es wird sich später zeigen, dass ihm aus besonders günstigen Kombinationen sogar ein unverhoffter Gewinn erwachsen kann.
In der Praxis denkt man hinsichtlich der Grenze, von der an aufwärts die Transportpreise nach dem Gewicht und von der an

abwärts die Frachtpreise nach Gewicht und spezifischem Gewicht berechnet werden, eher an eine Festlegung auf 1 t/m^3. Beim obigen Beispiel ergibt sich dann folgender Transportpreis:

$3{,}5 \cdot 1o^{-3}$ DM/t km $\cdot$ 2 t $\cdot$ 1,o/o,25 $\cdot$ 1ooo km = 28 DM

Dieser höhere Transportpreis gegenüber dem theoretisch errechneten rechtfertigt sich zum Teil dadurch, dass in den seltensten Fällen der verfügbare Laderaum wirklich restlos ausgenutzt werden kann, so dass in Wirklichkeit jedes Frachtgut mehr Raum benötigt, als es selbst einnimmt; für unsere folgenden Überlegungen wollen wir jedoch bei dem theoretischen Beispiel bleiben.

Besteht die ganze Schiffsladung aus einem Frachtgut mit einem spezifischen Gewicht von o,25 t/m^3, so ist an sich die Tragfähigkeit des Schiffes bei voller Beladung nur zu einem Drittel ausgenutzt, andererseits deckt aber die Ladung das Dreifache des normalen Frachtsatzes, so dass der Reeder also keine Einnahmen-Einbusse hat. Aus formalen Gründen wollen wir in dem vorliegenden Fall nicht einen Ladegrad $lambda_1$ von o,333..., wie er materiell gesehen vorliegt, sondern einen Ladegrad von 1,o annehmen. Wenn in Zukunft vom Ladegrad gesprochen wird, ist stets dieser modifizierte Wert gemeint. Die jetzt mögliche Definition für $lambda_1$ lautet also:

Der Ladegrad ist das Verhältnis des Gewichtes der transportierten Güter zu der Nutztragfähigkeit des Schiffes, wobei für Leichtgüter ein modifiziertes Gewicht eingesetzt wird, das gleich ist dem Produkt aus dem wirklichen Gewicht und dem Faktor, der angibt, wievielmal mehr an Transportpreis das Leichtgut zahlen muss gegenüber einer Berechnung des Transportpreises nur nach dem Gewicht.

Nach dieser Definition, ohne die eine systematische Weiterführung der hier angestellten Untersuchungen kaum möglich wäre, kann es vorkommen, dass der Wert $lambda_1$ grösser als 1 wird, wie an einem Beispiel gezeigt werden soll.

Angenommen, es werden in einem Schiff (je BRT) 1,o t eines Gutes mit einem spezifischen Gewicht von 1o t/m^3 und o,1 t eines Gutes mit einem spezifischen Gewicht von o,1 t/m^3

transportiert.
Das Gewicht beider Güter zusammen beträgt 1,1 t, der für beide Güter zusammen benötigte Raum beträgt 1,1 m^3. Weder die Tragfähigkeit (die mit 1,5 t/BRT angenommen wird) noch die räumliche Ladefähigkeit (2 m^3) wird ausgenutzt, trotzdem ist der Ladegrad grösser als 1, denn für die Frachtpreisberechnung des ersten Gutes wird sein Gewicht (1,o t) zu Grunde gelegt, für die Frachtpreisberechnung des zweiten Gutes das Produkt

Gewicht · (o,75 / spezifisches Gewicht) = o,1 ·(o,75/o,1) =
= o,75 t

Das Gewicht des ersten Gutes und das modifizierte Gewicht des zweiten Gutes ergeben zusammen 1,75 t. Bei einer Tragfähigkeit von 1,5 t/BRT wird also $lambda_1$ zu 1,75/1,5 = 1,167 . Bei der üblichen Festsetzung der Grenze auf 1 t/m^3 wird sogar $lambda_1$ zu 1,333.
Man möge nun allerdings bei der Betrachtung über diese Verhältnisse nicht übersehen, dass derart günstige Kombinationen, wie sie bei diesem Beispiel angenommen wurden, in der Praxis wohl kaum jemals zustande kommen.

Nach diesen Ausführungen kann jetzt die Untersuchung über die Kostenverhältnisse folgen.
Ein Passagierschiff muss nicht nur das Gewicht der Passagiere und der Passagiereinrichtungen tragen, sondern es muss auch pro Passagier ein bestimmter Raum zur Verfügung gestellt werden, (evtl. Kabine, Anteil an Aufenthalts-, Speise- und Gesellschaftsräumen usw.).
Bei einem Bäderschiff wird der pro Passagier benötigte Raum relativ gering sein, bei einem Schiff, das weite Strecken zurücklegt, wird er grösser sein. Von den vorigen Überlegungen ausgehend kann man (mit den nötigen Vorbehalten) den Passagier als ein "mehr oder weniger leichtes, wartungsbedürftiges Frachtgut in leihweise überlassener Spezialverpackung" betrachten.
Bei der Untersuchung sei ausgegangen von einem reinen

Frachtschiff, das relativ schweres Frachtgut befördert und dessen Ladekapazität daher durch die Tragfähigkeit begrenzt wird.

Auf diesem Schiff ist also ungenutzter Raum vorhanden, den man für Passagiereinrichtungen verwerten könnte. Baut man zunächst Passagiereinrichtungen für wenige Passagiere ein, so steigt das Gewicht des Schiffes um das Gewicht dieser Passagiereinrichtungen (dazu gehören beispielsweise auch die Kabinenwände, sofern sie andernfalls nicht benötigt würden) und um das Gewicht der Passagiere und ihres Gepäcks. Zum Ausgleich dafür sinkt die gewichtsmässige Ladekapazität für Frachtgüter.

Wir beziehen uns hier wieder auf die Verhältnisse für eine BRT eines Schiffes von R BRT und nennen die Passagierkapazität je BRT z.

Das Gewicht einer Passagiereinrichtung (einschliesslich Gewicht des Passagiers) nennen wir r_{Pg}. Die insgesamt für das ganze Schiff vorhandene Nutztragfähigkeit hatten wir mit R_N bezeichnet, den entsprechenden Wert je BRT bezeichnen wir mit r_N. ($r_N = R_N/R$). r_N hat den Wert:

$$r_N = v \cdot \mu R^{-1/3} v^2 \bar{s} \bar{s}^+ \qquad [S.183]$$

Zur Vereinfachung der Rechnung nehmen wir an, dass die BR-Tonnage des zu behandelnden Schiffes fest vorgegeben sei. Ebenso sei die Fahrroute vorgegeben, womit auch $\bar{s}$ und $\bar{s}^+$ vorgegeben ist; schliesslich soll noch die Geschwindigkeit des Schiffes in etwa vorgegeben sein, womit also r_N eine Konstante wird. Wir bezeichnen den Wert

$$v \cdot \mu R^{-1/3} v^2 \bar{s} \bar{s}^+ \qquad \text{in diesem Falle mit} \qquad v^*$$

und erhalten damit:

$$r_N = v^*$$

Die gewichtsmässig nach Erstellung der Passagiereinrichtungen für Frachtgut verbleibende Nutztragfähigkeit beträgt dann (r_{NF}):

$$r_{NF} = r_N - z \cdot r_{Pg} = v^* - z \cdot r_{Pg}$$

Unter gleichbleibenden Voraussetzungen kann die Erhöhung der Passagierkapazität weitergehen, solange noch ungenutzter Raum

vorhanden ist.
Jede weitere Erhöhung der Passagierkapazität bringt eine weitaus grössere Verminderung der Ladekapazität für Frachtgüter mit sich, da von jetzt an - es ist ja kein ungenutzter Raum mehr vorhanden - der für jede weitere Passagiereinrichtung benötigte Raum den Laderaum entsprechend verringert. Während sich vorher für jede hinzukommende Passagiereinrichtung die Ladekapazität für Frachtgut um das Gewicht der Passagiereinrichtung verminderte, verringert sie sich jetzt für jede hinzukommende Passagiereinrichtung um das Gewicht der Frachtgüter, die in dem jetzt von der Passagiereinrichtung in Anspruch genommenen Raum hätten transportiert werden können.
Theoretisch wäre es zwar möglich, in dem für Frachtgut verbleibenden Raum jetzt Güter höheren spezifischen Gewichtes zu transportieren, aber wir wollen entsprechend den praktischen Gegebenheiten annehmen, dass das spezifische Gewicht der Frachtgüter im grossen und ganzen vorgegeben sei, und wollen dieses spezifische Gewicht mit $gamma_p$ bezeichnen.
Wir nennen die Passagierkapazität (je BRT) bei dem oben erläuterten Umschlagpunkt z_o und wollen die Grösse von z_o bestimmen. Angesichts der verwickelten Verhältnisse kann das nur überschlägig geschehen. Es war gesagt worden, dass das als Ausgangsbeispiel herangezogene reine Frachtschiff überwiegend relativ schweres Frachtgut befördern sollte. Wir nehmen an, dass man trotzdem die räumliche Grösse der Laderäumte so gross wie möglich gehalten hat. Wir bezeichnen den Rauminhalt der Laderäumte je BRT mit l. Ein Teil des Laderaumes (des reinen Frachtschiffes) wird durch Frachtgut eingenommen. Je BRT betrachtet ist dieser vom Frachtgut eingenommene Raum gleich der Nutztragfähigkeit je BRT dividiert durch das spezifische Gewicht des Frachtgutes ($gamma_p$). Zieht man den vom Frachtgut in Anspruch genommenen Raum vom insgesamt vorhandenen Laderaum ab, so erhält man den sich für die Einrichtung von Passagierkabinen anbietenden freien Raum. Dividiert man diesen durch den Raumbedarf je Passagier (r_{Pr}), so erhält man in erster Näherung den Wert z_o.

$$z_{o1} = \frac{l - \frac{v^*}{\gamma_F}}{r_{Pr}} \equiv z_o$$

Bei genauerer Betrachtung müsste man noch berücksichtigen, dass man das Gewicht des Frachtgutes, das befördert werden kann, bei dem kombinierten Schiff, zu dem wir jetzt gekommen sind, nicht der Nutztragfähigkeit gleichsetzen kann, wie es in obiger Gleichung geschehen ist; es muss ja berücksichtigt werden, dass bei dem kombinierten Schiff sich die Nutzfähigkeit für Frachtgut bereits zum Ausgleich des Gewichtes der hinzugekommenen Passagiereinrichtungen etwas vermindert hat. Die zweite Näherung würde also lauten:

$$z_{o1} = \frac{1 - \frac{v^{\circ} - z_o \gamma_{Ps}}{\gamma_F}}{r_{Pr}}$$

Da jedoch diese Rechnung sowieso nur recht überschlägig ist, wollen wir uns von vorneherein mit der ersten Näherung für z_o begnügen. Nehmen wir etwa für l den Wert 2 m^3/BRT, für nü den Wert 1,5 t/BRT, für $gamma_F$ den Wert 2 t/m^3 und für den Raumbedarf je Passagier einen Wert von 1oo m^3 an (r_{Pr} = 1oo m^3/Passagier), so ergibt sich für z_o ein Wert von

$$z_o = \frac{2 - \frac{1,5}{2}}{1oo} = o,o125 \text{ Passagiere/BRT}$$

Vorher war gesagt, dass man den Wert $nü^+$ nur dann als konstant annehmen darf, wenn Schiffsgrösse, Fahrtroute und Geschwindigkeit in etwa festgelegt sind. Wir werden später sehen, dass nicht allzugrosse Verschiebungen in diesen Voraussetzungen keinen übermässig grossen Einfluss auf den Wert $nü^+$ haben. Da nun sowieso die für l, $gamma_F$ und r_{Pr} eingesetzten Zahlen nur Schätzwerte sind, kann der Wert für z_o nur etwa der Grössenordnung nach die Verhältnisse wiedergeben. Aus den vorstehenden Überlegungen wird wohl hervorgegangen sein, dass es sich bei dem Wert z_o in gewisser Hinsicht um einen Optimalwert handelt, insofern, als bei diesem Wert Schiffsraum und Schiffstragfähigkeit gleichermassen gut ausgenutzt sind. Wir haben schon früher gesehen, dass derartige Kombinationen von schwerem Frachtgut und 'leichtem Frachtgut' (gemeint sind hier die Passagiere) sich besonders günstig auf den Ladegrad und damit

auch auf die Rentabilität der Schiffe auswirken.
Obwohl der Wert z_o recht unsicher ist, wurde versucht, ihn einmal mit Beispielen aus der Praxis zu vergleichen. Aus 'Deutsches Schiffahrt- und Hafen-Jahrbuch' (Lit.24) wurden dazu die 36 Schiffe herausgegriffen, die dort für die "Hapag" aufgeführt und als kombinierte Schiffe kenntlich gemacht sind. Im Vergleich zu unserem z_o von $12{,}5 \cdot 1o^{-3}$ ergeben sich dort folgende Werte von z (Passagierzahl/BR-Tonnage):

z von $1 \div 2 \cdot 1o^{-3}$: 18 Schiffe
z von $2 \div 3 \cdot 1o^{-3}$: 9 Schiffe
z von $3 \div 4 \cdot 1o^{-3}$: 4 Schiffe
z von $4 \div 5 \cdot 1o^{-3}$: 2 Schiffe

z von $9 \div 1o \cdot 1o^{-3}$: 3 Schiffe

Interessanterweise gab es also kein Schiff mit einem Wert von z zwischen $5 \div 9 \cdot 1o^{-3}$ Passagiere/BRT. Es gibt aber auch kein einziges Schiff, das den theoretischen Wert von z_o von $12{,}5 \cdot 1o^{-3}$ erreicht.
Die Aufstellung könnte also den Eindruck erwecken, dass entweder die Zahl der Passagierplätze auf den Hapag-Schiffen gegenüber dem günstigsten Wert fast um eine Zehnerpotenz zu niedrig sei oder aber dass der hier berechnete Wert für die günstigste Passagierzahl fast um eine Zehnerpotenz zu hoch sei.
Hinsichtlich dieser Frage ist eine andere Aufstellung sehr interessant. Bei den untersuchten Schiffen ist die Zahl der Schiffe

mit genau 6 Passagierplätzen:	8 Schiffe
mit genau 1o Passagierplätzen:	2 Schiffe
mit genau 12 Passagierplätzen:	23 Schiffe
mit genau 86 Passagierplätzen:	3 Schiffe

Es ist also offensichtlich, dass es bei diesen Schiffen so etwas wie Norm-Passagierzahlen gibt. Weitere Untersuchungen würden zeigen, dass keineswegs eine positive Korrelation zwischen der Schiffsgrösse in BRT und der Zahl der Passagierplätze besteht; so hat etwa MS "Köln" bei 557o BRT 6 Passagierplätze,

während MS "Naumburg" bei 2826 BRT 12 Passagierplätze hat. Tatsächlich ergeben sich die "Norm-Passagierzahlen" aus ganz anderen Gründen; zum Teil hängen diese mit gesetzlichen Vorschriften zusammen, die für ganz bestimmte Passagierzahlen ganz bestimmte Auflagen machen, so etwa in Bezug auf ärztliche Betreuung usw.
Hier ergeben sich also Aspekte, die theoretisch nicht zu erfassen sind. Die Einrichtung von 2o oder 3o Passagierplätzen ist aus diesen Gründen nicht rentabel, erst erheblich höhere Passagierzahlen lohnen sich wieder.
Interessant ist, dass die 3 Schiffe mit 86 Passagierplätzen identisch sind mit den 3 Schiffen, die einen Wert von z zwischen $9 \cdot 1o \cdot 1o^{-3}$ Passagiere/BRT haben. Nur bei diesen 3 Schiffen treten die ausserhalb unserer Betrachtungen liegenden Aspekte in den Hintergrund, und bei diesen 3 Schiffen ist der Wert z (mit etwa $9,6 \cdot 1o^{-3}$) in greifbare Nähe des theoretisch berechneten Optimalwertes von $z_o = 12,5 \cdot 1o^{-3}$ gerückt.

Wir wollen nun die Verhältnisse untersuchen für den Fall, dass z über z_o hinauswächst. Wir bezeichnen die Zahl der über z_o hinaus bestehenden oder eingerichteten Passagierplätze (wieder je BRT) mit delta z. Die Berechnung kann wiederum nur angenähert erfolgen. Die maximale Passagierkapazität je BRT (z_{max}) ergibt sich als der Quotient aus Laderaum je BRT (1) und dem pro Passagier benötigten Raum (r_{Pr}), denn die maximale Passagierkapazität ist ja dann erreicht, wenn der gesamte ursprünglich vorhandene Laderaum für Passagiereinrichtungen verwertet worden ist.

$$z_{max} = 1 / r_{Pr}$$

Mit den bisher benutzten Werten ergibt das:

$$z_{max} = 1 / r_{Pr} = 2,e / 1oo = 2o \cdot 1o^{-3} \text{ Passag./BRT}$$

(Für das MS "Berlin" des Norddeutschen Lloyd ergibt sich mit 191oo BRT und 976 Passagierplätzen ein Wert von $z = 51 \cdot 1o^{-3}$ Passag./BRT. - Offensichtlich ist die Annahme eines Raumbedarfs r_{Pr} von 1oo m^3/Passag. im Vergleich zu diesem

Beispiel zu hoch angesetzt, es kommt allerdings auch ganz auf die Anteile der Passagierklassen an der Gesamtpassagierzahl an. -Touristenklasse!-.)

Für die Kosten je Tonnenkilometer erbringbarer Leistung (c) lassen sich für die kombinierten Schiffe und die reinen Fahrgastschiffe ähnliche Beziehungen aufstellen, wie wir sie bereits für die reinen Frachtschiffe kennen. Bei der Gleichung für die Kosten c für die reinen Frachtschiffe stand im Nenner die jährliche Fahrstrecke (S) und die nutzbare Tragfähigkeit (r_N bzw. bei Betrachtung des ganzen Schiffes R_N). Letztere vermindert sich mit jeder hinzukommenden Passagiereinrichtung, dafür kommt jedoch die entsprechende Fahrgastkapazität hinzu. Die Jahreskosten für die kombinierten und reinen Fahrgastschiffe verteilen sich also auf die verbleibende gewichtsmässige Ladekapazität für Frachtgut und die hinzugekommene Passagierkapazität. Diese beiden Grössen müssen nun irgendwie auf einen einheitlichen Nenner gebracht werden. Dazu scheint es keine andere Möglichkeit zu geben als die Umrechnung über die jeweiligen Transportpreise. Der Wert einer Passagiereinrichtung verhält sich, vom Standpunkt des Reeders her gesehen, zum Wert einer Ladekapazität von einer Tonne Frachtgut wie der Frachtsatz für einen Passagier zum Frachtsatz für eine Tonne Frachtgut. Diese Aussage vereinfacht allerdings die Verhältnisse etwas, denn es kann ja sein, dass die Chancen zur Kapazitätsausnutzung hinsichtlich der Ladekapazität für Frachtgut und der Passagierkapazität voneinander abweichen usw. Dass weiterhin der Kostenaufwand (man könnte auch sagen: 'die Wartungskosten') für Passagiere und Frachtgut unterschiedlich sind, braucht hier nicht gesondert berücksichtigt zu werden, da das in der Höhe der Jahreskosten (j bzw. J) zum Ausdruck kommt. Somit ergeben sich also folgende Formeln für c (Siehe S.184):

$$c_{z=z_0} = \frac{[\alpha+\beta+\gamma p v^3 \psi (1-\tau)+\delta\psi\tau+\varepsilon]R^{-1/3}}{[\psi v \bar{\tau}_0(1-\tau)]\,[v^*-z\,r_{R_N}+(f_P/f)\cdot z]}$$

$$c_{z>z_0} = \frac{\left[\alpha+\beta+\gamma p v^3 \psi(1-\tau)+\delta\psi\tau+\varepsilon\right]\cdot R^{-1/3}}{\left[\psi v T_0(1-\tau)\right]\left[\nu^* - \Delta z\, r_{Pr}\cdot\gamma_F + (f_p/f)\cdot z\right]}$$

$$c_{z=z_{max}} = \frac{\left[\alpha+\beta+\gamma p v^3 \psi(1-\tau)+\delta\psi\tau+\varepsilon\right] R^{-1/3}}{\left[\psi v T_0(1-\tau)\right]\left[\frac{1}{r_{Pr}} \cdot \frac{f_p}{f}\right]}$$

Der Verfasser hat diese Formeln veranschaulicht, indem er, was natürlich nur theoretisch möglich ist, bei einem bestimmten Schiff die Zahl der Passagiereinrichtungen stetig hat anwachsen lassen, so dass das Schiff sich also vom reinen Frachtschiff über die Zwischenstufe des kombinierten Schiffes zum reinen Fahrgastschiff wandelt. Die Werte von c für die verschiedenen Stufen sind im Schaubild 7 dargestellt. Um die Erhöhung der Kosten des Schiffes mit Passagieren gegenüber dem reinen Frachtschiff in etwa zu berücksichtigen, sollen die Jahreskosten von 1oo % beim reinen Frachtschiff stetig auf 17o % beim reinen Fahrgastschiff ansteigen. Schiffsgrösse, Fahrroute (und damit $\bar{s}$ und $\bar{s}^+$), Schiffsgeschwindigkeit usw. sind als unverändert angenommen; alle eingesetzten Werte sind gleich den bisher benutzten; als Ausgangsstufe ist das früher berechnete Beispiel des reinen Frachtschiffes gewählt, jedoch wurde der dortige Wert $\left[\nu - \mu R^{1/3} v^2 \bar{s}\bar{s}^*\right]$ durch den Wert ν^* ersetzt, und letzterer wurde mit 1,5 t/BRT angenommen.
Der Deutlichkeit halber werden hier noch einmal alle benutzten Werte aufgeführt, wobei lediglich diejenigen mit Dimensionsangabe erscheinen, deren Dimension bisher noch nicht angegeben wurde. $\alpha = 1300$; $\beta = 935$; $\gamma = 6{,}71 \cdot 10^{-3}$; $p = 7o$; $v = 17{,}5$; $\psi = 0{,}96$; $\tau = 0{,}24$; $\varepsilon = 218$; $T_o = 8760$; $\nu^* = 1{,}5$;
Dimension von z $\left[\frac{\text{Passag.}}{\text{BRT}}\right]$; $r_{Pg} = 4$ $\left[\text{t/Passag.}\right]$; f_p (Passagierrate) Dimens. $\left[\frac{\text{DM}}{\text{Passag. km}}\right]$; f (Frachtrate) Dimens. $\left[\frac{\text{DM}}{\text{t km}}\right]$;

$(f_p/f) = 115$ $\left[\text{t/Passag.}\right]$; $r_{Pr} = 1oo$ $\left[\text{m}^3/\text{Passag.}\right]$;

$l = 2\ [m^3/BRT]$; $\gamma_F = 2\ [t/m^3]$.

Das Steigen der Jahreskosten mit wachsender Passagierzahl wurde, wie schon angedeutet, dadurch annähernd erfasst, dass die sich für c nach den letzten Formeln ergebenden Ergebnisse mit dem Faktor

$$(1 + o{,}7 \cdot (z/z_{max}))$$

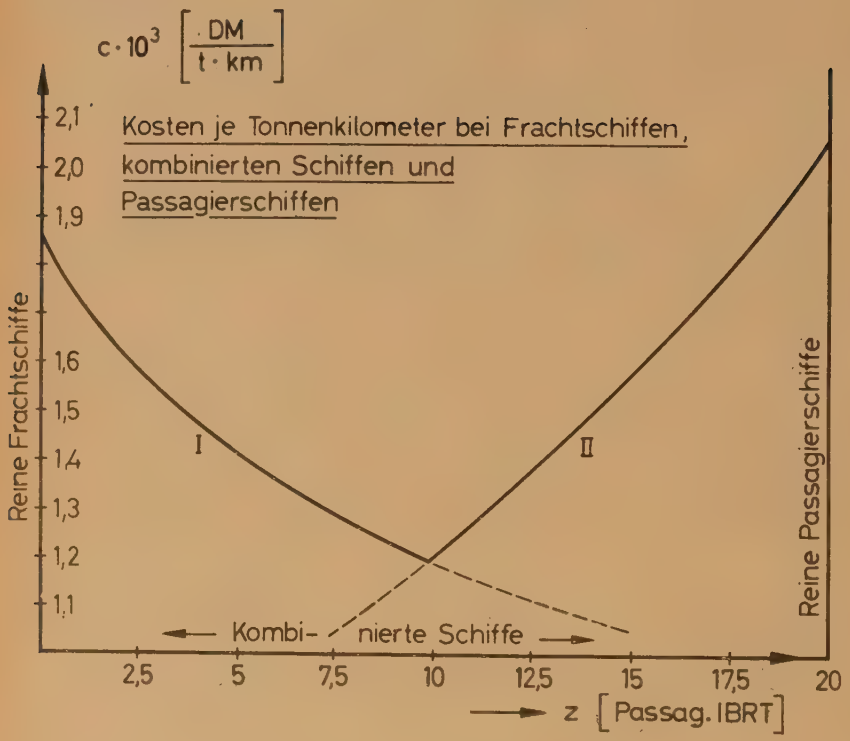
multipliziert wurden. Bezeichnen wir die Formel für c bei z kleiner als oder höchstens gleich z_o mit dem Index I und die Formel für c bei z grösser als z_o mit dem Index II, so ergibt sich folgende Tabelle

Tabelle 29 (zu Schaubild 7)

$z \cdot 10^{+3}$	$c_I \cdot 10^{+3}$	$c_{II}\ 10^{+3}$
0	1,86	
2,5	1,58	
5,0	1,41	
7,5	1,28	1,04
10,0	1,19	1,21
12,5	1,11	1,36
15,0	1,06	1,56
17,5		1,79
20,0 (= z_{max})		2,06

Von den Werten c_I bzw. c_{II} gilt natürlich immer nur der jeweils höhere, also z.B. für z = 7,5 der Wert c_I = 1,28; der Wert c_{II} = 1,o4 hat nur in mathematischer Hinsicht eine Bedeutung. In dem Schaubild 7 sind die bedeutungslosen Teile der Kurven gestrichelt gezeichnet. Solange man sich auf der Kurve I befindet, wird die Tragfähigkeit des Schiffes voll ausgenutzt, der verfügbare Raum jedoch nicht. Für die Kurve II ist es umgekehrt; im Schnittpunkt der beiden Kurven wird Tragfähigkeit und verfügbarer Raum voll ausgenutzt, dementsprechend ist hier auch das Kostenoptimum. Wir hatten schon vorher in

Schaubild 7


c · 10³ [DM / t · km]
Kosten je Tonnenkilometer bei Frachtschiffen, kombinierten Schiffen und Passagierschiffen
2,1
2,0
1,9
1,6
1,5
1,4
1,3
1,2
1,1
Reine Frachtschiffe
I
II
Reine Passagierschiffe
Kombi- nierte Schiffe
2,5
5
7,5
10
12,5
15
17,5
20
z [Passag. IBRT]

erster Näherung den Wert für die optimale Passagierkapazität errechnet und erhielten dabei $z_{oI} = 12{,}5 \cdot 10^{-3}$ Passag./BRT. Wir sehen aus der Zeichnung, dass der wirkliche Wert für die optimale Passagierkapazität erheblich niedriger liegt, und zwar noch etwas unter $10 \cdot 10^{-3}$. Durch fortlaufende Näherung hätten wir auch dort schon diesen Wert erhalten können; es wurde jedoch darauf verzichtet, da sich dieser Wert hier sowieso genauer ergibt. Mit dem jetzt gefundenen Wert kommen wir auch in unmittelbare Nähe der Werte für die erwähnten drei "Hapag"-Schiffe.

Hinsichtlich der Abhängigkeit der Kosten (c) von Schiffsgrösse, Geschwindigkeit, Fahrstrecke der Einzelreise usw. können nun für kombinierte Schiffe und Fahrgastschiffe die gleichen Überlegungen und Untersuchungen angestellt werden, wie dies vorher für reine Frachtschiffe geschehen ist. Formal stimmen die Gleichungen für c für Frachtschiffe, kombinierte Schiffe und Fahrgastschiffe praktisch überein, auch dann, wenn auf die bei letzteren benutzte Näherung verzichtet wird. Für kombinierte Schiffe etwa würde die genauere Gleichung für c lauten:

$$c_{z\leq z_o} = \frac{[\alpha+\beta+\gamma p v^3 \psi(1-\tau)+\delta\psi\tau+\varepsilon]R^{-1/3}}{[\psi v T_o(1-\tau)]\,[(v-z\cdot f_g+f_p/f\cdot z)-\mu R^{-1/3}v^2\bar{s}\bar{s}^*]}$$

$$c_{z>z_o} = \frac{[\alpha+\beta+\gamma p v^3 \psi(1-\tau)+\delta\psi\tau+\varepsilon]R^{-1/3}}{[\psi v T_o(1-\tau)]\,[(v-\Delta z\cdot r_{Pr}\cdot\gamma_f+f_p/f\cdot z)-\mu R^{-1/3}v^2\bar{s}\bar{s}^*]}$$

[S. 203 208 209]

Die Sonderfälle des reinen Frachtschiffes und des reinen Fahrgastschiffes sind in den beiden Gleichungen enthalten. Wenn hier diese Gleichungen auch nicht mehr im einzelnen ausgewertet werden, so ist doch für den Fall eines reinen Fahrgastschiffes (mit ähnlichen wie den bisher verwandten Daten) die Abhängigkeit der Kosten c von der Schiffsgeschwindigkeit errechnet und das Ergebnis (gestrichelt) mit in das Schaubild 6 eingetragen, in dem eben dieselbe Abhängigkeit für das reine Frachtschiff aufgezeichnet ist. Die Optimalgeschwindigkeit ergab sich zu 17,5 km/h (gegenüber 16,7 km/h beim Frachtschiff). Wir sehen aus der Zeichnung, dass die Optimalgeschwindigkeit

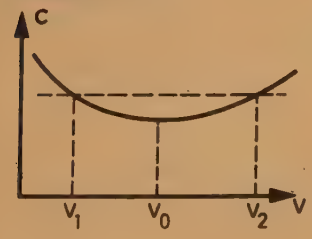
für das Fahrgastschiff höher ist als für das Frachtschiff, die Kosten c bei dieser Optimalgeschwindigkeit unterscheiden sich in den beiden Fällen kaum voneinander; besonders interessant ist, dass die Kosten c beim Überschreiten der Optimalgeschwindigkeit beim Fahrgastschiff erheblich weniger schnell ansteigen als beim Frachtschiff.

Wenn die Kosten (c) für das Fahrgastschiff und das Frachtschiff (jeweils bei Optimalgeschwindigkeit) fast gleich hoch sind, so darf das nicht missverstanden werden. In der Gleichung für c für das Fahrgastschiff sind ja sowohl die höheren Jahreskosten als auch die grösseren Einnahmen der Fahrgastschiffe bereits berücksichtigt worden, und daher müssen die Kosten (c) für beide Fälle in etwa gleich hoch sein.

4.2) Gewinntheorie

Mit der bisherigen Durchleuchtung der Kostenstruktur ist nur ein Teil der wirtschaftlichen Probleme des Reedereiwesens berührt.
Letzten Endes entscheidend ist die Frage nach dem erzielbaren Gewinn und die Frage nach den Voraussetzungen für eine Gewinnmaximierung.
Dazu müssen aber noch die Einflüsse behandelt werden, die aus der unvollständigen Ausnutzung der Transportkapazität herrühren, also etwa die Einflüsse der Fahrt mit Teilladung, des zeitweiligen Aufliegens usw. Schliesslich muss noch die Abhängigkeit der Höhe des Frachtsatzes von den verschiedenen relevanten Faktoren untersucht werden.
Im Idealfall ist die Frage nach der Gewinnmaximierung identisch mit der Frage nach optimaler volkswirtschaftlicher Nutzung, daher stellen die hier angeschnittenen Fragen gleichzeitig Probleme für die einzelne Reederei als auch für die Seeschiffahrt als Teil der Volkswirtschaft dar.
Wir werden sehen, dass der veränderte Standpunkt für die Betrachtungen zwangsläufig zu einer etwas veränderten Methode der Untersuchung führt. Vorher waren die je erbringbaren Tonnenkilometer entstehenden Kosten (c) die Schlüsselgrösse, im folgenden wird es der jährliche Gewinn je BRT Schiffsraum (g) sein.
Die dadurch auftretenden Verschiebungen seien bereits hier an einem Beispiel erläutert. Im nebenstehenden Schaubild 8 ist noch einmal schematisch die Abhängigkeit der Kosten (c) von der Schiffsgeschwindigkeit dargestellt. Für die Geschwindigkeit v_1 und v_2 sind die Kosten je Tonnenkilometer gleich gross.
Die Jahreskosten und die Frachteinnahmen und im allgemeinen auch der Gewinn werden jedoch nicht gleich

Schaubild 8



gross sein, da das Schiff mit der Geschwindigkeit v_2 eine grössere jährliche Fahrstrecke hat. Es deutet sich hier also schon an, dass die optimale Geschwindigkeit hinsichtlich des Gewinns eine andere sein kann als die optimale Geschwindigkeit hinsichtlich der Kosten je erbringbaren Tonnenkilometer (c). Trotzdem behalten die früheren Ausführungen ihren Wert für den Fall, dass speziell die Kosten untersucht werden sollen; ausserdem bauen sich die folgenden Ausführungen auf den vorhergehenden auf.

Die früher für c aufgestellten Gleichungen geben die Kosten je nutzbare (oder besser: erbringbare) Kapazitätseinheit (Tonnenkilometer) an. Es wurde angenommen, dass ein Schiff mit einer bestimmten Geschwindigkeit (v) ganzjährig fährt (abgesehen natürlich von den - in den Gleichungen berücksichtigten - Hafen- und Reparaturzeiten). Für die Strecke, die das Schiff unter diesen Voraussetzungen in einem Jahr fährt, steht die Tragfähigkeit des Schiffes für den Transport von Frachtgut zur Verfügung, und dementsprechend ist eine ganz bestimmte Transportleistung (ausgedrückt in Tonnenkilometern) erbringbar. Da nun Schiffe selten voll beladen fahren, da sie mitunter zeitweilig aufliegen usw., ist die wirklich erbrachte Transportleistung im allgemeinen niedriger als die erbringbare.

Es soll nicht vergessen werden, dass mangelnde Nachfrage nach Transportleistung sich nicht nur in Aufliegen der Schiffe oder mangelnder Ausnutzung der Ladefähigkeit auszudrücken braucht, sondern dass sich die Schiffe in einem gewissen Grade auch durch Änderung ihrer Geschwindigkeit an die jeweilige Situation anpassen können.

Natürlich ist die Spanne der möglichen Geschwindigkeiten für die Schiffe aus mancherlei Gründen begrenzt, immerhin pflegen aber die Reeder ihren Schiffen genau die einzuhaltende Geschwindigkeit vorzuschreiben, und zwar nicht ein für allemal, sondern jeweils nach den vorhandenen Voraussetzungen. Häufig wird während der Reise telegraphisch eine andere Geschwindigkeit vorgeschrieben. Durch die Tatsache der Variationsmöglichkeit der Geschwindigkeit wird der Begriff der 'Erbringbaren Transportkapazität' etwas unsicher, denn die erbringbare

Transportkapazität hängt in ihrer Grösse ja von der Geschwindigkeit ab. (Ebenso hängt sie von dem Zeitanteil der Hafenaufenthalte, also dem Wert tau ab; die Variationsmöglichkeiten hinsichtlich dieser Grösse können jedoch im folgenden nur am Rande berücksichtigt werden).
Wenn also von der erbringbaren Transportkapazität (genauer: Jahres-Transportkapazität) eines Schiffes die Rede ist, so bezieht sich diese Angabe auf die jeweilige (oder jahresdurchschnittliche) Schiffsgeschwindigkeit; unter der 'Erbringbaren Jahres-Norm-Transportkapazität' wollen wir die Transportkapazität bei der Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich der Kosten (c) verstehen. Die Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich der Kosten soll mit v_o bezeichnet werden, die zugehörigen Kosten c mit c_o usw., die Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich des Gewinns (g) wird mit v_g bezeichnet werden, entsprechendes gilt für die zugehörigen Kosten ($c[\text{für } v = v_g] = c_g$) usw.
Während wir uns bisher auf die erbringbare Kapazität bezogen haben, wollen wir jetzt berücksichtigen, dass die Schiffe im allgemeinen nicht immer voll beladen fahren, dass sie evtl. zeitweise aufliegen und dass sie ihre Geschwindigkeit an die Gegebenheiten des Frachtenmarktes anpassen können; wir wollen die unter diesen Voraussetzungen entstehenden Jahreskosten auf die erbrachte Jahrestransportkapazität beziehen. Die Kosten je erbrachten Tonnenkilometer werden der Deutlichkeit halber mit dem Formelzeichen c^+ bezeichnet.
Die Berechnung von c^+ soll jetzt folgen, wir gehen dabei von der Berechnung für c aus. Für dieses galt:

$$c=\frac{[\alpha+\beta+\gamma p v^3 \psi(1-\tau)+\delta\psi\tau+\epsilon]R^{-1/3}}{[\psi v \xi(1-\tau)][v-\mu R^{-1/3}v^2\bar{s}\xi^\bullet]} \qquad [S.184]$$

Der gesamte Ausdruck $[v-\mu R^{-1/3}v^2\bar{s}\xi^\bullet]$ ändert sich für nicht allzugrosse Änderungen der Geschwindigkeit v nur sehr wenig. Für ein bestimmtes Schiff (R = konstant) und eine bestimmte Reiseroute ($\bar{s}$ = konstant, $\bar{s}^+$ = konstant) kann also dieser Ausdruck für eine mittlere Geschwindigkeit ausgerechnet werden; solange dann die Geschwindigkeit nicht sehr von der mittleren Geschwindigkeit abweicht, kann er als konstant

angesehen werden. Das sei an einem Beispiel erläutert. (Als mittlere Geschwindigkeit wird die Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich der Kosten v_o gewählt).

$$v\text{-}\mu v_1^2 R^{-1/3} \Sigma\Sigma^* = 1{,}5 - 1{,}04 \cdot 10^{-6} \cdot (5560)^{-1/3} \cdot 21{,}7^2 \cdot 4000 \cdot 1$$
$$= 1{,}5 - 0{,}111 = 1{,}389 \text{ t/BRT}$$

$$v\text{-}\mu v_2^2 R^{-1/3} \Sigma\Sigma^* = 1{,}5 - 1{,}04 \cdot 10^{-6} \cdot (5560)^{-1/3} \cdot 11{,}7^2 \cdot 4000 \cdot 1$$
$$= 1{,}5 - 0{,}032 = 1{,}468 \text{ t/BRT}$$

Es handelt sich also wieder um das bekannte Frachtschiffbeispiel, bei dem die Geschwindigkeit einmal 5 km/h grösser und einmal 5 km/h kleiner als die Optimalgeschwindigkeit (hinsichtl.Kosten) angenommen wurde. Für eine Geschwindigkeit $v = v_o \pm 5$ km/h weicht der Wert $v\text{-}\mu R^{1/3} v^2 \Sigma\Sigma^*$ höchstens um $\pm$ 3 % von dem Wert ab, den er für $v = v_o = 16{,}7$ km/h hat. Wir bezeichnen den als konstant betrachteten Wert von $v\text{-}\mu R^{1/3} v^2 \Sigma\Sigma^*$ mit $v_o{}^*$.

Im Zähler der Gleichung für c stehen die jährlichen Kosten je BRT (j).

$$j = [\alpha + \beta + \gamma p v^3 \psi (1-\tau) + \delta \psi \tau + \varepsilon] R^{-1/3} \qquad \text{[S.184 185]}$$

Das Schiff soll zunächst einmal unter sonst gleichbleibenden Umständen mit verringerter Ladung fahren. Wir nennen den Ladegrad, also das Verhältnis der durch Fracht genutzten und der zur Verfügung stehenden Tragfähigkeit, phi_1. Fährt das Schiff mit verringerter Ladung, so werden die Kosten für Kapitalverzinsung und Amortisation überhaupt nicht sinken, dagegen können die Besatzungskosten sinken, ebenso die Hafenkosten, die Brennstoffkosten usw.
Wir können das nicht im einzelnen verfolgen, sondern nehmen die Jahreskosten als pauschal abhängig vom Ladegrad an. Für die neuen Jahreskosten j_1 soll gelten:

$$j_1 = \varphi_1^* j = \varphi_1^* [\alpha + \beta + \varepsilon + \gamma p v^3 \psi (1-\tau) + \delta \psi \tau]$$

Dabei berücksichtigt der Wert kappa, dass die Jahreskosten nicht proportional zum Ladegrad sind. Im nebenstehenden

Schaubild 9

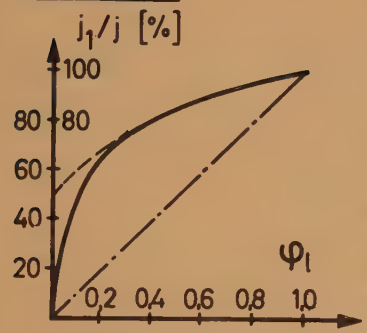


Schaubild 9 ist der Verlauf von j_1 in Abhängigkeit von phi_1 dargestellt, und zwar stellt die strichpunktierte Linie proportionalen Verlauf dar, die ausgezogene Linie gibt den Verlauf nach der oben benutzten Näherung an ($j_1 = j \cdot \varphi_l^{\varkappa}$); ($\varkappa = 0{,}25$). Wir sehen, dass nach dieser Beziehung die Kosten weit weniger stark sinken als der Ladegrad. Das entspricht auch den Verhältnissen in der Praxis. Von etwa $phi_1 = 0{,}2$ an abwärts stimmt allerdings der Verlauf der Kurve, auch dem Kurvencharakter nach, nicht mehr mit den Verhältnissen in der Praxis überein, von hier, nämlich von $phi_1 = 0{,}2$ an abwärts dürfte wohl die gestrichelte Kurve die Verhältnisse der Praxis am besten wiedergeben. Diese entspricht der Gleichung

$$j_1 = j \cdot \left[1 - \frac{1}{\varkappa_1}(1-\varphi_l)^{\varkappa_2}\right] \qquad \varkappa_1 = 2; \varkappa_2 = 1{,}65$$

Diese letzte Näherung wäre also besser (sie gälte von $phi_1 = 0 \div 1$), jedoch wird mit ihr die mathematische Behandlung übermässig kompliziert. Wir wollen daher bei der Näherung gemäss $j_1 = j \cdot \varphi_l^{\varkappa}$ bleiben, wollen uns aber merken, dass bei Verwendung dieser Näherung für kleine Werte von phi_1 Vorsicht geboten ist.

Tabelle 30

φ_1	$\varphi_1^{\varkappa}$	$1-\frac{1}{\varkappa_1}(1-\varphi_1)^{\varkappa_2}$
	$\varkappa = 0{,}25$	$\varkappa_1 = 2\ ; \varkappa_2 = 1{,}65$
0	0	0,5
0,2	0,67	0,65
0,4	0,80	0,79
0,6	0,88	0,89
0,8	0,95	0,96
1,0	1,0	1.00

Zum Vergleich sind in obiger Tabelle 30 die beiden Näherungen noch einmal tabellarisch dargestellt.

Als nächstes wollen wir nun annehmen, dass das Schiff nur während eines Teils des Jahres Beschäftigung findet, wir bezeichnen diesen Anteil des Jahres mit phi_f. Hafenaufenthalte gehören dabei natürlich mit zur Beschäftigungszeit.

Die bisher ermittelten Jahreskosten j_1 entstehen dann nur während der Beschäftigungszeit (phi_f), während des Aufliegens oder Stilliegens ($1 - phi_f$) treten an ihre Stelle die Aufliege- bzw. Stilliegekosten; diese sollen mit j_6' bezeichnet werden, wobei

gilt:

$$j_0 = \sigma \cdot R^{-1/3}$$

Die gesamten Jahreskosten unter diesen Voraussetzungen (j_2) sind dann

$$j_2 = \varphi_1 \cdot j_1 + \sigma R^{-1/3}(1-\varphi_1)$$

$$j_2 = \varphi_1 \varphi_1^{-1}[\alpha+\beta+\varepsilon+\gamma\rho v^3\psi(1-\tau)+\delta\psi\tau]R^{-1/3} + \sigma R^{-1/3}(1-\varphi_1)$$

Es wird hierbei vorausgesetzt, dass die Aufliegekosten der Aufliegezeit ($1 - phi_f$) proportional seien, was natürlich streng genommen nicht der Fall ist. Ein kürzeres Auflegen kostet relativ mehr als ein längeres. Auch hier lässt sich eine bessere Näherung angeben, etwa $j_6 = \sigma \cdot R^{-1/3}(1-\varphi_f)^{\varkappa_3}$; $\varkappa_3 = 0{,}25$, auch hier muss jedoch aus Gründen der mathematischen Behandlung auf die bessere Näherung verzichtet werden.

Unter Beibehaltung der vorherigen Annahmen soll jetzt noch die Geschwindigkeit geändert werden. Der einzige von der Geschwindigkeit abhängige Ausdruck in der obigen Beziehung für j_2 ist der Ausdruck $\gamma\rho v^3\psi(1-\tau)$. Dieser ändert sich mit der dritten Potenz der Geschwindigkeit. Sehen wir die Optimalgeschwindigkeit (hinsichtlich Kosten) als Normgeschwindigkeit an und bezeichnen das Verhältnis der gefahrenen Geschwindigkeit (v) zur Normgeschwindigkeit (v_0) mit phi_v, so kann j_2 auch so geschrieben werden:

$$j_2 = \varphi_1 \varphi_1^{-1}[\alpha+\beta+\varepsilon+\gamma\rho\varphi_v^3 v_0^3\psi(1-\tau)+\delta\psi\tau]R^{-1/3} + \sigma R^{-1/3}(1-\varphi_1)$$

Diese Gleichung wollen wir noch weiter umformen:

$$j_2 = \varphi_1 \varphi_1^{-1}[\alpha+\beta+\varepsilon+\delta\psi\tau]R^{-1/3} + \varphi_1 \varphi_1^{-1}\varphi_v^3[\gamma\rho v_0^3\psi(1-\tau)]R^{-1/3} + \sigma R^{-1/3}(1-\varphi_1)$$

Aus Gründen, die später ersichtlich werden, fügen wir bei dieser Gleichung auf der rechten Seite den Wert $\varphi_1 \varphi_1^{-1}[\gamma\rho v_0^3\psi(1-\tau)]R^{-1/3}$ zu und ziehen ihn gleichzeitig wieder ab.

$$j_2 = \varphi_1 \varphi_1^{-1}[\alpha+\beta+\varepsilon+\delta\psi\tau]R^{-1/3} + \varphi_1 \varphi_1^{-1}[\gamma\rho v_0^3\psi(1-\tau)]R^{-1/3} - \varphi_1 \varphi_1^{-1}[\gamma\rho v_0^3\psi(1-\tau)]R^{-1/3}$$
$$+ \varphi_1 \varphi_1^{-1}\varphi_v^3[\gamma\rho v_0^3\psi(1-\tau)]R^{-1/3} + \sigma R^{-1/3}(1-\varphi_1)$$

Daraus ergibt sich:

$$j_2 = \varphi_1 \varphi_1^{-1}[\alpha+\beta+\varepsilon+\delta\psi\tau+\gamma\rho v_0^3\psi(1-\tau)]R^{-1/3} - \varphi_1 \varphi_1^{-1}[\gamma\rho v_0^3\psi(1-\tau)]R^{-1/3}\cdot[1-\varphi_v^3] + \sigma R^{-1/3}(1-\varphi_1)$$

Wir erhalten den Wert c^+, indem wir die Jahreskosten, indem wir also j_2 durch die erbrachte jährliche Tonnenkilometrage dividieren.

Bezeichnen wir die erbrachte Jahrestransportkapazität mit k_a (je BRT!), die bei einer beliebigen Geschwindigkeit (v) erbringbare mit k_i und die bei Normgeschwindigkeit (v_o) erbringbare mit k_{io}, so gilt:

$$k_i = \psi T_o (1-\tau)\, v \left[v - \mu R^{1/3} v^2 \bar{s} \bar{s}^*\right]$$

oder mit unserer Näherung $\left[v - \mu R^{-1/3} v^2 \bar{s} \bar{s}^*\right] \equiv v_o^*$: [S. 185 217]

$$k_i = \psi T_o (1-\tau)\, v\, v_o^*$$

Liegt nun das Schiff während des Zeitanteils phi_f auf, so ist die Beschäftigungszeit gleich $\varphi_f \cdot T_o$ statt vorher T_o. Ist das Schiff teilbeladen, so tritt an die Stelle der überhaupt verfügbaren Tragfähigkeit $nü^+_o$ die wirklich genutzte Tragfähigkeit $v_o^* \cdot \varphi_l$.

Damit ist also

$$k_a = \varphi_f \varphi_l k_i = \varphi_f \varphi_l \psi T_o (1-\tau)\, v\, v_o^*$$

Nun ist aber $v = v_o \cdot (v/v_o) = v_o \cdot \varphi_v$, also ist $k_i = \varphi_v \cdot k_{io}$ und damit:

$$k_a = \varphi_f \varphi_l \varphi_v \cdot k_{io} = \varphi_f \varphi_l \varphi_v \psi T_o \cdot (1-\tau)\, v_o v_o^*$$

und wenn man das Produkt aus $\varphi_f \varphi_l \varphi_v$ mit φ bezeichnet

$$k_a = \varphi \cdot k_{io} = \varphi \left[\psi (1-\tau) T_o v_o^* v_o\right]$$

Wir sehen also, dass der Faktor φ, der das Verhältnis von erbrachter Jahrestransportkapazität und erbringbarer Jahres-Norm-Kapazität angibt, gerade gleich dem Produkt der einzelnen Ausnutzungsgrade $\varphi_f \cdot \varphi_l \cdot \varphi_v$ ist.

Nun können wir also die Jahreskosten durch die erbrachte Kapazität dividieren und erhalten:

$$c^* = \frac{\varphi_f \varphi_l^4 \left[\alpha + \beta + \varepsilon + \delta\psi\tau + \gamma p v_o \psi (1-\tau)\right] R^{-1/3}}{\varphi \cdot \psi (1-\tau) T_o v_o \left[v - \mu R^{-1/3} v_o^2 \bar{s} \bar{s}^*\right]} - \frac{\varphi_f \varphi_l^4 (1-\varphi_v^3) \left[\gamma p v_o^3 \psi (1-\tau)\right] R^{-1/3}}{\varphi \cdot \psi (1-\tau) T_o v_o \left[v - \mu R^{-1/3} v_o^2 \bar{s} \bar{s}^*\right]}$$

$$+ \frac{(1-\varphi_f)\, \sigma R^{-1/3}}{\varphi \cdot \psi (1-\tau) T_o v_o \left[v - \mu R^{-1/3} v_o^2 \bar{s} \bar{s}^*\right]}$$

Aus besonderen Gründen wurde bei der letzten Gleichung noch einmal statt der Näherung v_o^* der richtige Wert der Näherung: $[v - \mu R^{-1/3} v_o^2 \xi \xi^*]$ eingesetzt. So ist nämlich leichter zu erkennen, dass der erste Ausdruck hinter dem Gleichheitszeichen c_o enthält, nämlich den Wert unseres altbekannten c für den Fall der Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich der Kosten (v_o). Der zweite Ausdruck enthält den Wert

$$\frac{[\gamma p v_o^3 \psi (1-\tau)] R^{-1/3}}{k_{io}}$$

Dieser Wert, der (für die jetztige Betrachtungsweise) nur Konstanten enthält, ist demnach also selbst eine Konstante und werde mit c_{ψ_o} bezeichnet. Der letzte Ausdruck enthält den Wert:

$$\frac{\sigma R^{-1/3}}{k_{io}}$$

Er enthält ebenfalls nur Konstanten und werde mit $c_{\sigma o}$ bezeichnet, womit sich für c^+ ergibt:

$$c^+ = \frac{\varphi_f \varphi_f^x}{\varphi} c_o - \frac{\varphi_f \varphi_f^x (1-\varphi_v^3)}{\varphi} c_{\psi o} + \frac{(1-\varphi_f)}{\varphi} c_{\sigma o}$$

Der Gewinn je BRT und Jahr (g) ist nun gleich dem Produkt aus den von einer BRT jährlich erbrachten Tonnenkilometern mal der Differenz aus dem Frachtsatz je Tonnenkilometer und den Kosten je Tonnenkilometer.

$$g = (f - c^+) \cdot k_a = (f - c^+) \cdot \varphi \cdot k_{io}$$

Mit den letzten beiden Gleichungen haben wir die wichtigsten Beziehungen für die folgenden Untersuchungen entwickelt. Dazu noch einige Bemerkungen:

Die Werte k_{io} bzw. k_a geben die erbringbare Jahres-Norm-Kapazität bzw. die erbrachte Jahres-Transportkapazität für eine BRT des betreffenden Schiffes an. Die Werte für das gesamte Schiff sind:

$$K_{io} = R \, k_{io} \qquad \text{bzw.} \qquad K_a = R \cdot k_a$$

Sowohl der Quotient (k_a/k_{io}) als auch der Quotient (K_a/K_{io}) ist gleich dem Ausnutzungsfaktor phi. Das ist auch verständlich,

denn die Ausnutzung des ganzen Schiffes ist gleich der für jede einzelne BRT desselben.
Schwieriger werden die Verhältnisse, wenn nicht ein einzelnes Schiff, sondern etwa die Weltflotte betrachtet werden soll. Bezeichnen wir etwa die erbringbare Jahres-Norm-Transportkapazität der Weltflotte mit K_{ioWelt} und die erbrachte Jahres-Transportleistung mit K_{aWelt}, so lässt sich das für das Einzelschiff Gesagte rein formal übertragen, beispielsweise mit der Beziehung:

$$\varphi_{Welt} = K_{aWelt} / K_{ioWelt}$$

Hiermit ergibt sich eine Beziehung, die durchaus geeignet wäre, eine Aussage über die Ausnutzung der Weltflotte zu machen. Nun ist allerdings die Berechnung dieser Grösse (phi_{Welt}) wegen des Mangels an statistischem Material und wegen praktisch nicht zu bewältigenden Rechenaufwandes nicht möglich. Eher könnte man in Erwägung ziehen, ob nicht von dem Wert phi_{Welt} ausgehend Aussagen über die Werte phi der Einzelschiffe möglich sind. Dabei ist natürlich, um es genauer auszudrücken, der Wert phi_{Welt} als solcher auch wiederum nicht bekannt, wohl aber Grössen, die mit ihm in einer einigermassen abschätzbaren funktionalen Beziehung stehen, so etwa beispielsweise der Quotient aus Welthandelsvolumen und Welthandelstonnage.
Diese Frage wird noch besprochen werden, wenn der Anlass für diese Problemstellung, nämlich die Erörterung von Konjunkturproblemen, behandelt wird. An dieser Stelle sei lediglich darauf hingewiesen, dass selbst dann, wenn der Wert phi_{Welt} bekannt ist, nicht ohne weiteres Rückschlüsse auf den Wert phi der Einzelschiffe möglich sind. Wir sehen das deutlich aus folgender Überlegung: Wenn wir die Werte K_a und K_{io} der Einzelschiffe mit den Zahlen 1; 2; 3 .... als Indizes für die Einzelschiffe versehen, so gilt:

$$\varphi_{Welt} = \frac{K_{aWelt}}{K_{ioWelt}} = \frac{K_{a1}+K_{a2}+K_{a3}+K_{a4}....}{K_{io1}+K_{io2}+K_{io3}+K_{io4}....}$$

Lösen wir diese Beziehung nach dem Wert $= K_a/K_{io}$ eines Einzelschiffes, beispielsweise des Schiffes (1) auf, so ergibt sich:

$$\varphi = \varphi_{Welt}\left[1 + \frac{K_{io2}}{K_{io1}} + \frac{K_{io3}}{K_{io1}} + \frac{K_{io4}}{K_{io1}} \cdots\right] - \left[\frac{K_{a2}}{K_{io1}} + \frac{K_{a3}}{K_{io1}} + \frac{K_{a4}}{K_{io1}} \cdots\right]$$

Wir sehen also, dass bei der Bestimmung des Wertes phi für ein Einzelschiff die nötigen Daten aller anderen Schiffe bekannt sein müssten. Die Berechnung ist also wiederum zwar theoretisch möglich, praktisch aber nicht durchführbar.
Es ist allerdings einleuchtend, dass zwischen dem Wert phi_{Welt} und den Werten phi der Einzelschiffe eine positive Korrelation besteht. Man sieht das an der vorletzten Formel (Seite 222). Wenn z.B. für das Schiff Nr. 3 der Wert phi wächst, so bedeutet das, dass K_{a3} im Verhältnis zu K_{io3} grösser wird, womit dann auch der Wert phi_{Welt} wächst.

Die Schwierigkeiten in dieser Hinsicht rühren zum Teil daher, dass die Einzelschiffe abweichende Grössen, abweichende Reiserouten usw. haben und dass sie daher auch verschiedene Werte für die Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich der Kosten (v_o) aufweisen. Als der Verfasser die erbringbare Jahreskapazität bei der Geschwindigkeit v_o als Normkapazität bezeichnete, ging er von der Überlegung aus, dass man sich bei der Festlegung einer Normkapazität, um die man bei derartigen wie den hier angestellten Überlegungen nicht herumkommt, auf eine gleichsam 'natürliche' Schiffsgeschwindigkeit beziehen müsste, Wenn man von rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten ausgeht, wäre eigentlich die Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich des Gewinns (v_{og}) eher geeignet, diese Rolle zu spielen, denn was wäre natürlicher, als dass die Schiffe mit der Geschwindigkeit fahren, mit der sie den höchsten Gewinn erzielen können?
Andererseits kann man allerdings auch der Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich der Kosten den Charakter einer 'natürlichen' Geschwindigkeit zuerkennen. Wie wir später sehen werden, ist sie der Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich des Gewinns dann gleich, wenn der Wert phi zu 1 wird und wenn der Frachtsatz (f) gleich hoch ist wie die Kosten c^*. Sie ist also der Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich des Gewinns gleich bei idealer Konkurrenz ($f = c^*$) und bei idealer Auslastung der Schiffe (phi = 1). Dabei ist nun wiederum zu berücksichtigen, dass

unter anderem zur idealen Auslastung auch gehört, dass die Schiffsgeschwindigkeit gerade eben gleich gross ist wie jene Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich Kosten; d.h. also, dass zusätzlich noch die Kosten c^+ und die Frachtraten (f) die niedrigsten unter den gegebenen sonstigen Voraussetzungen (darunter beispielsweise Niveau der Heuer, technischer Stand usw.) überhaupt möglichen Werte einnehmen werden, d.h., dass also auch vom volkswirtschaftlichen Standpunkt aus ein Optimum erreicht wird.
Abgesehen davon ist die Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich Kosten ein wesentlich mehr konjunkturstabiler Wert als die Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich des Gewinns, denn erstere wird durch die Frachtsätze gar nicht berührt.
Der Verfasser glaubt also die erstere mit Recht der zweiten als Normgeschwindigkeit vorgezogen zu haben.
Aus den späteren Ausführungen wird sich sogar ergeben, dass das Abweichen der zweiten von der ersteren ein Mass darstellt für das Abweichen der tatsächlichen schiffahrtswirtschaftlichen Situation von der volkswirtschaftlich optimalen.

Nach diesen Bemerkungen soll die Auswertung der für c^+ und g gefundenen Gleichungen vorgenommen werden. Als konkretes Beispiel dient dabei wiederum das Frachtschiffbeispiel aus dem vorigen Teilabschnitt der Arbeit. Dabei werden die benutzten Werte nicht noch einmal angeführt, sondern nur die neu hinzukommenden Werte angegeben.
Die Optimalgeschwindigkeit v_o des Schiffes betrug 16,7 km/h, damit ergibt sich für c_o:

$$c_o = \frac{[\alpha+\beta+\varepsilon+\gamma\rho v_o^3\psi(1-\tau)+\delta\psi\tau]R^{-1/3}}{\psi(1-\tau)v_o\tau_o[\nu-\mu R^{-1/3}v_o^2\xi\xi^*]} \qquad [S.184]$$

$$c_o = \frac{[1300+935+218+6{,}71\cdot 10^{-3}\cdot 70\cdot 16{,}7^3\,0{,}96\cdot 0{,}76+5360\cdot 0{,}96\cdot 0{,}24]\,5560^{-1/3}}{0{,}96\cdot 0{,}76\cdot 16{,}7\cdot 8760\,[1{,}5-1{,}04\cdot 10^{-6}\,5560^{-1/3}16{,}7^2\,4000\cdot 1]}$$

$$\Rightarrow c_o = 1{,}95\cdot 10^{-3}\,[\text{DM/t km}]$$

$$v_o^* = [v - \mu R^{-1/3} v_o^2 \bar{s} \bar{s}^*]$$

$$v_o^* = [1{,}5 - 1{,}04 \cdot 10^{-6} \cdot 5560^{-1/3} 16{,}7^2 \cdot 4000 \cdot 1] = 1{,}434 \; [t/BRT]$$

$$k_{io} = \psi (1-\tau) v_o T_o v_b^*$$

$$k_{io} = 0{,}96 \cdot 0{,}76 \cdot 16{,}7 \cdot 8760 \cdot 1{,}434 = 153 \cdot 10^{-3} [t \cdot km/BRT \cdot Jahr]$$

$$c_{Yo} = \frac{[\gamma \rho v_o^3 \psi (1-\tau)] R^{-1/3}}{k_{io}} = \frac{[6{,}71 \cdot 10^{-3} \cdot 70 \cdot 16{,}7^3 \cdot 0{,}96 \cdot 0{,}76] \cdot R^{-1/3}}{153\,000}$$

$$c_{Yo} = 0{,}59 \cdot 10^{-3} [DM/t \cdot km]$$

$$c_{\infty o} = \frac{\sigma \cdot R^{-1/3}}{k_{io}} \qquad \text{und mit} \qquad \sigma = 2580 \left[\frac{DM}{Jahr \cdot BRT^{2/3}}\right]$$

$$c_{\infty o} = \frac{2580 \cdot 5560^{-1/3}}{153\,000} = 0{,}952 \cdot 10^{-3} [DM/t \; km]$$

Und schliesslich $f = 3{,}5 \cdot 10^{-3} [DM/t \; km]$

Damit wird nun:

$$c^* = [1{,}95 \frac{\varphi_l \varphi_l^x}{\varphi} - 0{,}59 \frac{\varphi_l \varphi_l^x}{\varphi} (1-\varphi_v^3) + 0{,}952 \frac{1-\varphi_l}{\varphi}] \cdot 10^{-3}$$

oder mit $\varphi = \varphi_l \varphi_l \varphi_v$

$$c^* = [1{,}95 \frac{\varphi_l^{x-1}}{\varphi_v} - 0{,}59 \frac{\varphi_l^{x-1}}{\varphi_v} (1-\varphi_v^3) + 0{,}952 \frac{1-\varphi_l}{\varphi_l \varphi_l \varphi_v}] \cdot 10^{-3}$$

und

$$g = \varphi \, k_{io} [f - c^*] = \varphi \cdot 153 \cdot 10^3 [3{,}5 \cdot 10^{-3} - c^*] = \varphi \cdot 153 [3{,}5 - (c^* \cdot 10^3)] = \varphi [535 - (c^* \cdot 10^3)]$$

oder wenn c^+ in g eingesetzt wird,

$$g = 535\varphi - 153 [1{,}95 \varphi_l \varphi_l^x - 0{,}95 \varphi_l \varphi_l^x (1-\varphi_v^3) + 0{,}952 (1-\varphi_l)]$$

$$g = 535 \varphi_l \varphi_l \varphi_v - 153 [1{,}95 \varphi_l \varphi_l^x - 0{,}59 \varphi_l \varphi_l^x (1-\varphi_v^3) + 0{,}952 (1-\varphi_l)]$$

Auf den folgenden Seiten findet sich die Berechnung und

zeichnerische Darstellung für diese Beziehung. Da es sich hier um eine Beziehung mit drei unabhängigen Variablen (phi_f, phi_l und phi_v) und einer abhängigen Variablen handelt (g), konnte die Darstellung nicht in einer einzigen Zeichnung erfolgen; die Gleichung ist einmal für phi_f = konstant = 1,o und zum anderen Mal für phi_f = konstant = o,6 ausgerechnet und dargestellt.

Bei den Zeichnungen wurde berücksichtigt, dass der Ladegrad (phi_l) normalerweise - eine Ausnahme wurde ja bereits erwähnt - nicht über den Wert 1,o hinauswachsen kann, dagegen wurden für phi_v Werte bis einschliesslich 1,6 berücksichtigt, da ja die Höchstgeschwindigkeit der Schiffe wohl stets grösser ist als ihre Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich der Kosten.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass sich für phi_f = o und auch für phi_l = o und auch für phi_v = o für die Kosten c^* unendlich hohe Werte und für den Gewinn g negativ unendliche Werte ergeben. Aus diesem Grunde und auch weil - wie schon erwähnt - die benutzten Näherungen hier unsicher werden, wurde die Gleichung für kleinere Werte von phi_l und phi_v als o,2 nicht dargestellt.

Tabelle 31

φ_l	φ_v	für φ_f = 1			für φ_f = 0,6		
		φ	$c^* \cdot 10^3$	g	φ	$c^* \cdot 10^3$	g
0,2	0,2	0,04	22,8	- 118	0,024	38,6	-129
	0,4	0,08	11,7	- 100	0,048	19,6	-118
	0,6	0,12	8,26	- 87	0,072	13,5	-111
	0,8	0,16	6,94	- 84	0,096	10,9	-109
	1,0	0,20	6,51	- 92	0,120	9,68	-113
	1,2	0,24	6,62	- 114	0,144	9,26	-127
	1,4	0,28	7,09	- 152	0,168	9,35	-150
	1,6	0,32	7,89	- 216	0,192	9,87	-187

Fortsetzung Tabelle 31

φ_l	φ_v	für $\varphi_f = 1$			für $\varphi_f = 0{,}6$		
		φ	$c^* \cdot 10^3$	g	φ	$c^* \cdot 10^3$	g
0,4	0,2	0,08	13,6	-124	0,048	21,5	-132
	0,4	0,16	7,0	- 86	0,096	11,0	-110
	0,6	0,24	4,93	- 52,5	0,144	7,57	- 90
	0,8	0,32	4,14	- 31,3	0,192	6,12	- 77
	1,0	0,40	3,88	- 23,2	0,240	5,46	- 72
	1,2	0,48	3,95	- 33,1	0,288	5,27	- 78
	1,4	0,56	4,23	- 62,2	0,336	5,36	- 96
	1,6	0,64	4,70	-118	0,384	5,70	-129
0,6	0,2	0,12	10,0	-119	0,072	15,3	-130
	0,4	0,24	5,15	-59,8	0,144	7,76	- 94,5
	0,6	0,36	3,64	- 7,6	0,216	5,40	- 62,5
	0,8	0,48	3,06	+33,6	0,288	4,38	- 37,4
	1,0	0,60	2,86	+58,8	0,360	3,92	- 23,4
	1,2	0,72	2,91	+64,8	0,432	3,79	- 19,5
	1,4	0,84	3,11	+50,4	0,504	3,87	- 28,2
	1,6	0,96	3,46	+ 5,8	0,576	4,12	- 54,7
0,8	0,2	0,16	8,0	- 110	0,096	12,0	-125
	0,4	0,32	4,13	- 30,7	0,192	6,11	- 77
	0,6	0,48	2,93	+ 41,7	0,288	4,25	- 33,2
	0,8	0,64	2,45	+103	0,384	3,44	+ 3,5
	1,0	0,80	2,30	+146	0,480	3,09	+ 29,8
	1,2	0,96	2,35	+168	0,576	3,01	+ 43,2
	1,4	1,12	2,52	+166	0,672	3,09	+ 41,7
	1,6	1,28	2,79	+139	0,768	3,29	+ 24,6
1,0	0,2	0,2	6,82	- 101	0,12	10,0	-119
	0,4	0,4	3,5	0	0,24	5,09	- 58,8
	0,6	0,6	2,49	+ 92,5	0,36	3,55	- 3,2
	0,8	0,8	2,08	+174	0,48	2,87	+46,0
	1,0	1,0	1,95	+237	0,60	2,58	+84,0
	1,2	1,2	1,98	+280	0,72	2,51	+109,0
	1,4	1,4	2,12	+296	0,84	2,57	+119
	1,6	1,6	2,36	+278	0,96	2,76	+106

Schaubild 10

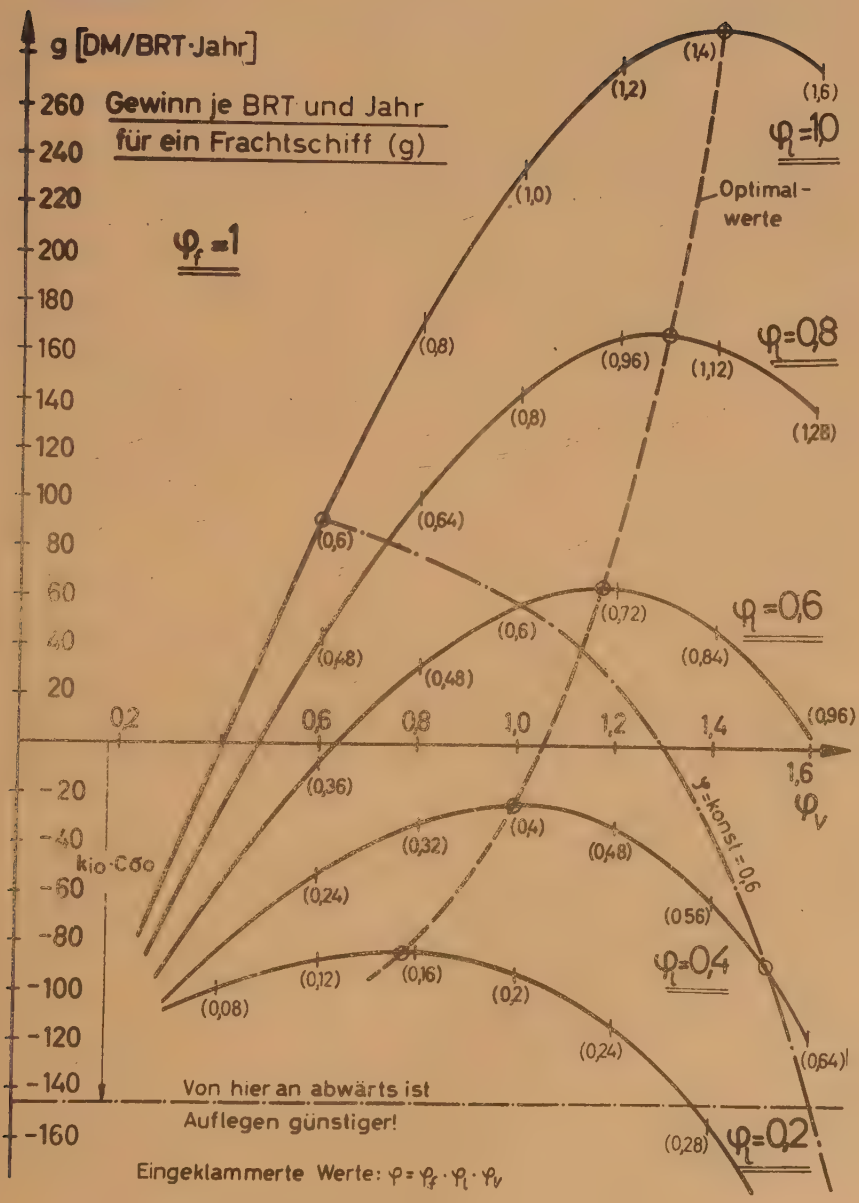
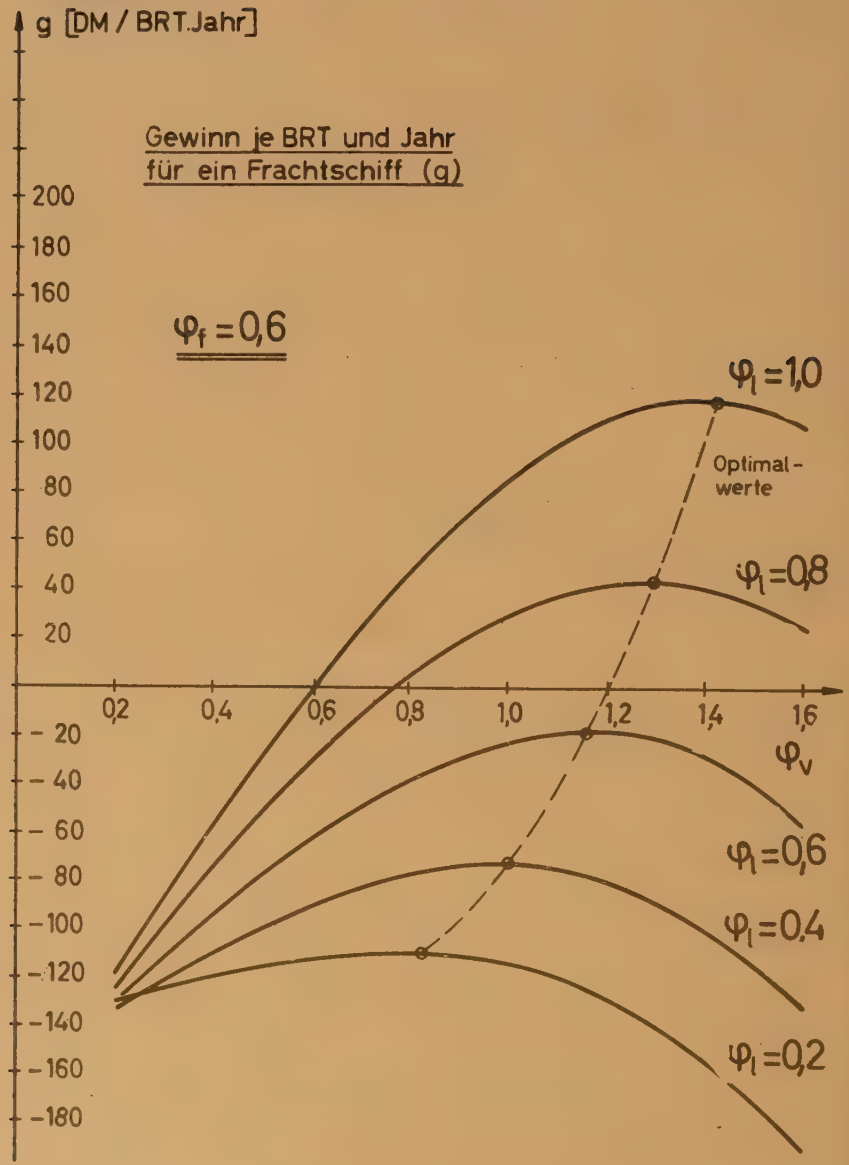


Schaubild 11



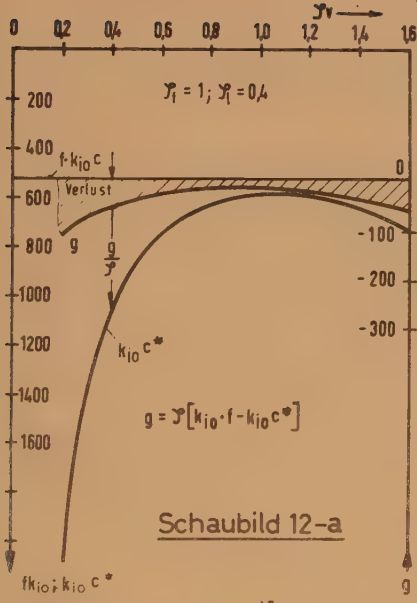


Schaubild 12-a

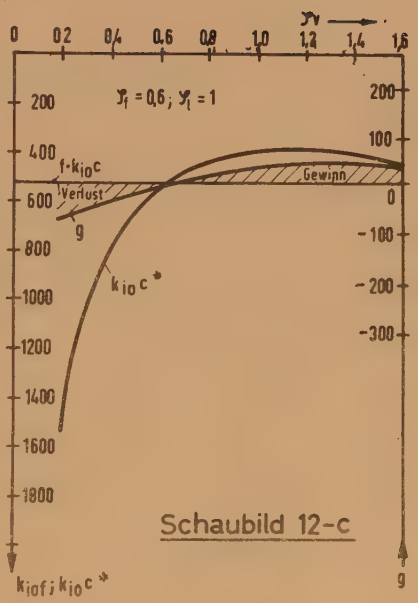


Schaubild 12-c

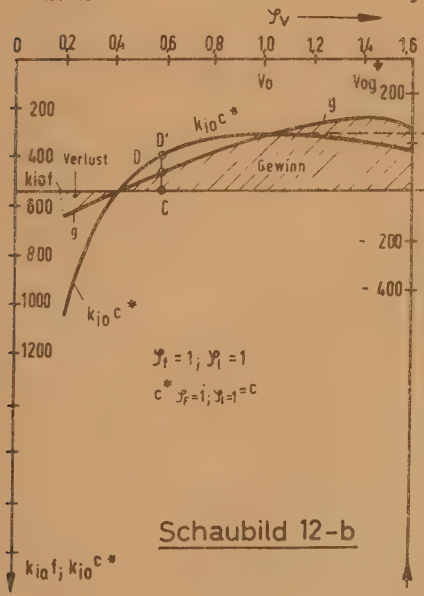


Schaubild 12-b

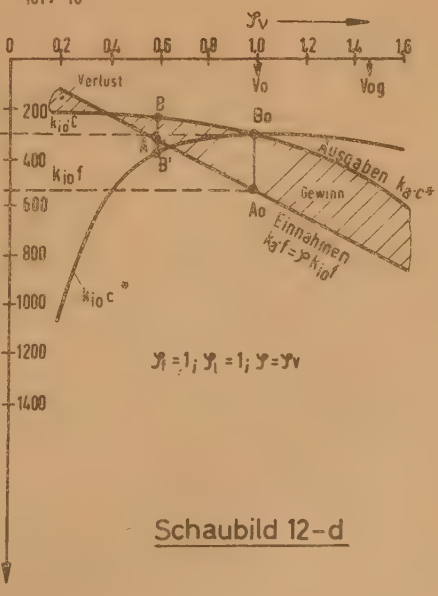


Schaubild 12-d

Im Schaubild 12 ist das Zustandekommen der vorhergehenden Darstellungen noch einmal besonders erläutert worden. Die Abbildung (d) geht aus von der Gleichung

$$g = \varphi \cdot k_{io} \cdot f - \varphi \cdot k_{io} \cdot c^{*} \qquad [S.221]$$

Nach unseren Voraussetzungen ist der Wert ($k_{io} \cdot f$) eine Konstante. Der Wert (phi $\cdot$ k_{io} $\cdot$ f) stellt die Einnahmen dar und wird erhalten durch die Multiplikation dieser Konstanten mit phi; die Einnahmen müssen sich also in einer Darstellung mit konstantem phi_f und konstantem phi_l als eine geneigte Gerade darstellen. Im Falle der Abbildung (d) liegt ein Sonderfall vor, da hier die Werte phi_f und phi_l gleich 1 werden und daher phi = phi_v ist.
Die Ausgaben (phi $\cdot$ k_{io} $\cdot$ c^{+}) werden durch die Multiplikation des (eingezeichneten) Wertes $k_{io} \cdot c^{+}$ mit dem Wert phi erhalten, in dem gezeichneten Fall ist wiederum phi = phi_v. Durch letztere Multiplikation wandert beispielsweise der Punkt B' in den Punkt B.
Der Gewinn wird für diesen Wert von phi_v durch die Strecke AB dargestellt.
Für die Auswertung praktischer ist die gleichwertige Darstellung gemäss der etwas umgeformten Gleichung für g:

$$g = \varphi \cdot (k_{io} \cdot f - k_{io} \cdot c^{*})$$

die für die gleicnen Werte von phi_f und phi_l in (b) dargestellt ist. Die Strecke D'C stellt die Klammer der obigen Beziehung dar, durch Multiplikation der Klammer mit phi (in diesem Fall = phi_v) ergibt sich der Gewinn entsprechend der Strecke DC.
Die Strecke AB der Darstellung (d) ist gleich gross wie die Strecke DC der Abbildung (b). Die Darstellung nach Art der Abbildung (b) ist vor allem deshalb praktischer, weil die Basislinie der Gewinnfläche (diese wurde getönt dargestellt) waagrecht liegt; so lässt sich hier auch leichter die Lage des Optimums hinsichtlich des Gewinns (v_{og}) erkennen.
In den Abbildungen (a) und (c) sind die Verhältnisse für andere Wertepaare phi_f und phi_l dargestellt. Abgesehen von dem anderen Masstab entsprechen die Kurven g der Darstellungen (a),

(b) und (c) den Kurven auf den vorhergehenden Blättern mit den gleichen Werten für phi_f und phi_1.

Die Folgerungen, die aus den angegebenen Gleichungen für die Seeschiffahrt zu ziehen sind, sollen teils mathematisch, teils aus den zeichnerischen Darstellungen abgeleitet werden.
Über die Ermittlung des Gewinns aus vorliegenden Werten c_o, c_{fo}, $c_{\sigma o}$, phi_1, phi_v, phi_f usw. braucht nicht gesprochen zu werden; bei dieser Aufgabe brauchten nur die Werte in die Gleichung eingesetzt zu werden.
Schwieriger ist es, von den Gleichungen her Empfehlungen hinsichtlich günstiger Schiffsgeschwindigkeit usw. zu geben; man muss bedenken, dass die Darstellungen auf den vorigen Seiten für einen ganz bestimmten Fall galten und dass sie daher zwar allgemeine Aussagen erlauben, aber nicht konkrete Angaben für konkrete Fälle.

Normalerweise würde man etwa die Optimalwerte von phi_f, phi_1 und phi_v für einen möglichst hohen Gewinn durch partielle Differentiation zu erhalten versuchen, also

$$dg = \frac{\partial g}{\partial \varphi_v} \cdot d\varphi_v + \frac{\partial g}{\partial \varphi_1} \cdot d\varphi_1 + \frac{\partial g}{\partial \varphi_f} \cdot d\varphi_f$$

Der Gewinn erreicht Extremwerte, wenn die (vierdimensionale) Fläche, der diese Gleichung entspricht, keine Steigung hat, wenn also dg zu Null wird. Aus dieser Bedingung liesse sich dann die Wertekombination von phi_v, phi_1 und phi_f für Extremwerte bestimmen, sofern natürlich solche Extremwerte vorhanden sind. Schliesslich müsste noch untersucht werden, ob es sich bei den Extremwerten um Maxima oder Minima handelt.
Die geschilderte Methode ist hier allerdings nicht anwendbar, da sich die Werte phi_f und phi_1 nur innerhalb eines Bereiches von $0 \div 1$ und der Wert phi_v nur von $0 \div 1{,}6$ bewegen soll. Wegen dieser Randbedingungen müsste noch eine Reihe von Zusatzuntersuchungen gemacht werden, über die hier nicht im einzelnen gesprochen werden kann; die rein mathematische Behandlung dieser Fragestellung würde dadurch so kompliziert werden, dass besser ein anderer Weg eingeschlagen wird.

Wir hatten für g folgende Gleichung gefunden (S. 221, c^+ eingesetzt):

$$g = \varphi_1\varphi_1\varphi_1 k_{io} f - \varphi_1\varphi_1^* k_{io} c_o + \varphi_1\varphi_1^*(1-\varphi_1^3) k_{io} c_{\gamma o} - (1-\varphi_1) c_{\varepsilon o} k_{io}$$

Diese formen wir um zu:

$$\frac{g}{k_{io}} = \varphi_1[\varphi_1\varphi_1 f] - \varphi_1[\varphi_1^* c_o] + \varphi_1[\varphi_1^*(1-\varphi_1^3) c_{\gamma o}] + \varphi_1[c_{\varepsilon o}] - c_{\varepsilon o}$$

$$\frac{g}{k_{io}} = \varphi_1[\varphi_1\varphi_1 f - \varphi_1^* c_o + \varphi_1^*(1-\varphi_1^3) c_{\gamma o} + c_{\varepsilon o}] - c_{\varepsilon o} /$$

Bezeichnen wir die eckige Klammer kurz mit u und g/k_{io} mit g', so lautet die Beziehung:

$$g' = \varphi_1 \cdot u - c_{\varepsilon o}$$

Wir gehen davon aus, dass der Gewinn g und damit auch der Wert g' den gegebenen Umständen nach möglichst gross gehalten werden soll beziehungsweise, falls ein Verlust entsteht (g und g' negativ!), dass dann der Verlust möglichst klein gehalten wird. Wenn das Schiff mit Gewinn fährt (g' positiv!), so ist das nur möglich, wenn auch u einen positiven Wert hat (denn phi_f und $c_{\varepsilon o}$ sind definitionsgemäss stets positive Werte).
Solange nun aber u positiv ist, wird g' um so grösser, je grösser phi_f ist; da nun aber phi_f keinen grösseren Wert als 1,o annehmen kann, ist der Optimalwert für phi_f, solange u positiv ist, stets gleich 1,o.
Der Gewinn wird nun gerade zu Null, wenn mit g' = o sich ergibt:

$$\varphi_1 \cdot u = c_{\varepsilon o} \qquad \text{und mit} \qquad \varphi_1 = 1 \qquad u = c_{\varepsilon o}$$

In diesem Fall hat aber u immer noch einen positiven Wert. Auch im Bereich negativer Werte von g' kann u seinen positiven Wert beibehalten. Solange das der Fall ist, muss phi_f weiterhin den Wert 1,o beibehalten, damit die Verluste wenigstens so gering wie möglich bleiben. Wird dagegen u zu Null, so ist es für den Wert g' gleichgültig, welche Werte phi_f annimmt. Wird jedoch u negativ, so wird der Verlust um so geringer, je kleiner phi_f ist, d.h., phi_f muss jetzt zur Geringhaltung der

Verluste zu Null werden. Dann lautet die Gleichung:

$$g' = -c_{\infty}$$

oder wenn statt der Abkürzungen g' und $c_{\delta o}$ wieder deren volle Werte eingeführt werden:

$$g/k_{io} = -(\sigma \cdot R^{1/3})/k_{io} \qquad \text{oder} \qquad g = -\sigma \cdot R^{-1/3}$$

Der negative Gewinn ist dann also gerade gleich den Aufliegekosten. Wie gesagt, wird der Umschlagpunkt gerade mit

$$u = [\varphi_v \varphi_l \cdot f - \varphi_l^{\varkappa} c_o + \varphi_l^{\varkappa}(1-\varphi_v^3) \cdot c_{\gamma o} + c_{\infty}] = 0$$

erreicht.

Wir wollen nun untersuchen, unter welchen Umständen u zu Null wird. Wir wollen davon ausgehen, dass die Reeder das Auflegen solange als irgendwie möglich vermeiden. Die Werte f, c_o, $c_{\gamma o}$ und $c_{\delta o}$ können vom einzelnen Reeder kaum beeinflusst werden, das gleiche soll vom Ladegrad phi_l angenommen werden. Die einzige Möglichkeit der Anpassung besteht also dann darin, einen möglichst günstigen Wert für phi_v zu wählen; dieser liegt aber dann vor, wenn

$$du/d\varphi_v = 0 \qquad \text{wird.}$$

Vorher wurde erwähnt, dass die Anwendung der Differentiation zur Bestimmung von Optimalwerten bei den vorliegenden Untersuchungen problematisch ist und dass wegen der Randbedingungen noch Zusatzuntersuchungen gemacht werden müssen. Diese Zusatzuntersuchungen sind durchgeführt, und es wurde festgestellt, dass von hier her keine Bedenken in diesem Fall bestehen; es muss darauf verzichtet werden, diese Überlegungen hier darzustellen.

Aus obigem Differentialquotienten ergibt sich nun:

$$\frac{du}{d\varphi_v} = \varphi_l f - 3\varphi_l^{\varkappa}\varphi_v^2 \cdot c_{\gamma o} = 0$$

$$\varphi_v = \sqrt{\frac{\varphi_l \cdot f}{3\varphi_l^{\varkappa} c_{\gamma o}}} = \sqrt{\frac{f\,\varphi_l^{1-\varkappa}}{3c_{\gamma o}}}$$

Wenn wir nun diesen Wert von phi_v in die Gleichung u = o einsetzen, so bedeutet das, mit Worten ausgedrückt, dass wir

den Ladegrad suchen, für den - bei optimaler Wahl von phi_v - der Wert u gerade zu Null wird. (Bei jeder anderen Kombination von phi_v zu phi_1 würde u bereits negativ sein).
Mathematisch ergibt sich dabei folgendes:

$$u = [\varphi_v]\,\varphi_1 f - \varphi_1^{\varkappa} c_o + \varphi_1^{\varkappa} c_{\gamma o} - \varphi_1^{\varkappa}[\varphi_1^{3}]\, c_{\gamma o} + c_{\infty} = 0$$

$$u = \left[\left(\frac{f\cdot\varphi_1^{1-\varkappa}}{3c_{\gamma o}}\right)^{1/2}\right]\varphi_1 f - \varphi_1^{\varkappa}\{c_o - c_{\gamma o}\} - \varphi_1^{\varkappa}\left[\left(\frac{f\cdot\varphi_1^{\varkappa+1}}{3c_{\gamma o}}\right)^{3/2}\right]\cdot c_{\gamma o} + c_{\infty} = 0$$

$$u = \varphi_1\varphi_1^{\frac{1-\varkappa}{2}}\left[\frac{f}{3c_{\gamma o}}\right]^{1/2}\cdot f - \varphi_1^{\varkappa}\{c_o - c_{\gamma o}\} - \varphi_1^{\varkappa}\varphi_1^{\frac{3(1-\varkappa)}{2}}\left[\frac{f}{3c_{\gamma o}}\right]^{3/2} c_{\gamma o} + c_{\infty} = 0$$

$$u = \varphi_1^{\frac{3-\varkappa}{2}}\left[\frac{f}{3c_{\gamma o}}\right]^{1/2}\cdot f - \varphi_1^{\varkappa}\{c_o\cdot c_{\gamma o}\} - \varphi_1^{\frac{3-\varkappa}{2}}\left[\frac{f}{3c_{\gamma o}}\right]^{3/2}\cdot c_{\gamma o} + c_{\infty} = 0$$

$$u = \varphi_1^{\frac{3-\varkappa}{2}}\left\{f\left[\frac{f}{3c_{\gamma o}}\right]^{1/2} - c_{\gamma o}\left[\frac{f}{3c_{\gamma o}}\right]^{3/2}\right\} - \varphi_1^{\varkappa}\{c_o - c_{\gamma o}\} + c_{\infty} = 0$$

Diese Gleichung lässt sich nicht geschlossen lösen, daher soll hier für einige Beispiele der Gang der Berechnung gezeigt werden.

I. (Es handelt sich um die Werte unseres schon oft benutzten Frachtschiffbeispiels):
$f = 3{,}5 \cdot 10^{-3}$; $c_{\bullet} = 1{,}95 \cdot 10^{-3}$; $c_{\gamma o} = 0{,}59 \cdot 10^{-3}$; $c_{\sigma o} = 0{,}952 \cdot 10^{-3}$; $\varkappa = 0{,}25$
II. Wie bei (I), jedoch $c_{\sigma o} = 0{,}4 \cdot 10^{-3}$.
III. Wie bei (I), jedoch $f = 2{,}0 \cdot 10^{-3}$.
IV. Wie bei (I), jedoch $f = 0{,}684 \cdot 10^{-3}$.
III.a) Wie bei (I), jedoch $f = 2{,}0 \cdot 10^{-3}$; $c_{\sigma o} = 0{,}65 \cdot 10^{-3}$
IV.a) Wie bei (I), jedoch $0{,}684 \cdot 10^{-3}$; $c_{\sigma o} = 0{,}65 \cdot 10^{-3}$.

Die entsprechenden Gleichungen lauten dann:

$$u_I \cdot 10^3 = 3{,}27\cdot(\varphi_i)^{1{,}375} - 1{,}36\cdot(\varphi_i)^{0{,}25} + 0{,}952 = 0$$

$$u_{II} \cdot 10^3 = 3{,}27\cdot(\varphi_i)^{1{,}375} - 1{,}36\cdot(\varphi_i)^{0{,}25} + 0{,}4 = 0$$

$$u_{III} \cdot 10^3 = 1{,}41\cdot(\varphi_i)^{1{,}375} - 1{,}36\cdot(\varphi_i)^{0{,}25} + 0{,}952 = 0$$

$$u_{IV} \cdot 10^3 = 0{,}283\cdot(\varphi_i)^{1{,}375} - 1{,}36\cdot(\varphi_i)^{0{,}25} + 0{,}952 = 0$$

$$u_{IIIa} \cdot 10^3 = 1{,}41 \cdot (\varphi_l)^{1{,}375} - 1{,}36 \cdot (\varphi_l)^{0{,}25} + 0{,}65 = 0$$

$$u_{IVa} \cdot 10^3 = 0{,}283 \cdot (\varphi_l)^{1{,}375} - 1{,}36 \cdot (\varphi_l)^{0{,}25} + 0{,}65 = 0$$

Die zu diesen Gleichungen gehörigen Kurvenverläufe sind im Schaubild 13 dargestellt. Es wurde darauf verzichtet, in der zugehörigen Tabelle 32 die Werte für u_{IIIa} und u_{IVa} anzugeben, da für sie von den Werten für u_{III} und u_{IV} nur der Wert 0,302 abgezogen werden muss.
Es sei noch einmal daran erinnert, dass die Gleichungen für Werte von phi_l kleiner als 0,2 keine Aussagekraft haben; für die kleinen Werte von phi_l sind die Kurven jedoch trotzdem gezeichnet, weil dadurch der Kurvenverlauf übersichtlicher wird.

Tabelle 32

phi_l	u_I	u_{II}	u_{III}	u_{IV}
0,5	1,072	0,52	0,352	- 0,082
0,4	0,799	0,247	0,27	- 0,050
0,3	0,570	0,018	0,215	0,0
0,2	0,400	- 0,152	0,198	+ 0,075
0,1	0,324	- 0,228	0,246	+ 0,199
0,05	0,36	- 0,192	0,331	0,313
0,01	0,527	- 0,025	0,524	0,522

Für den Fall I sind, wie schon gesagt, die alten Werte des Frachtschiffbeispiels benutzt worden. Wir sehen, dass in diesem Fall u überhaupt nicht zu Null oder gar negativ wird. Wir sehen das auch aus dem Schaubild 10; hier ist - gestrichelt - der Wert - ($k_{io} \cdot c_{\bullet}$) eingetragen, welcher den Verlust bei Aufliegen angibt. Ausserdem ist - ebenfalls gestrichelt - die Verbindung der Optimalwerte von g (optimale Koordination von phi_v zu phi_l) eingetragen. Da letztere Linie erstere nicht schneidet, jedenfalls nicht für Werte von phi_l = 0,2 an aufwärts, zeigt sich, dass der Verlust stets geringer ist, wenn das Schiff in Fahrt gehalten wird als wenn es aufgelegt würde. Das gilt allerdings nur, sofern eine passende Geschwindigkeit eingehalten

Schaubild 13

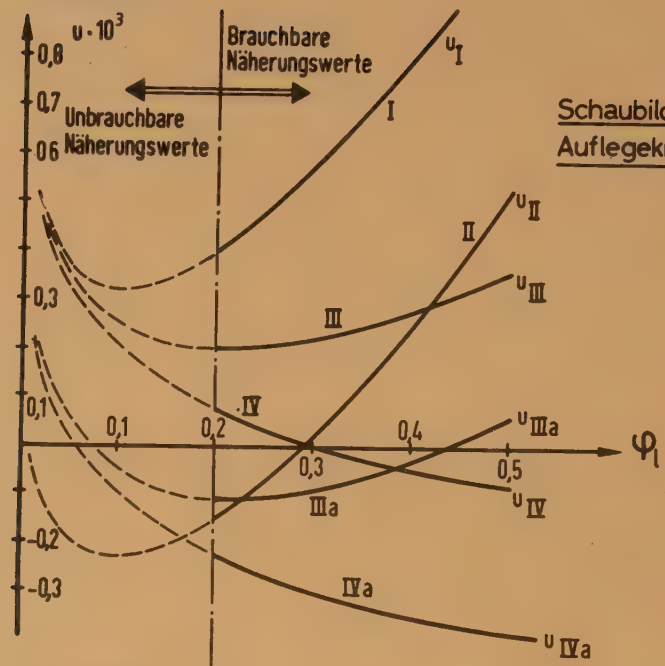


Schaubild 13a
Auflegekriterien

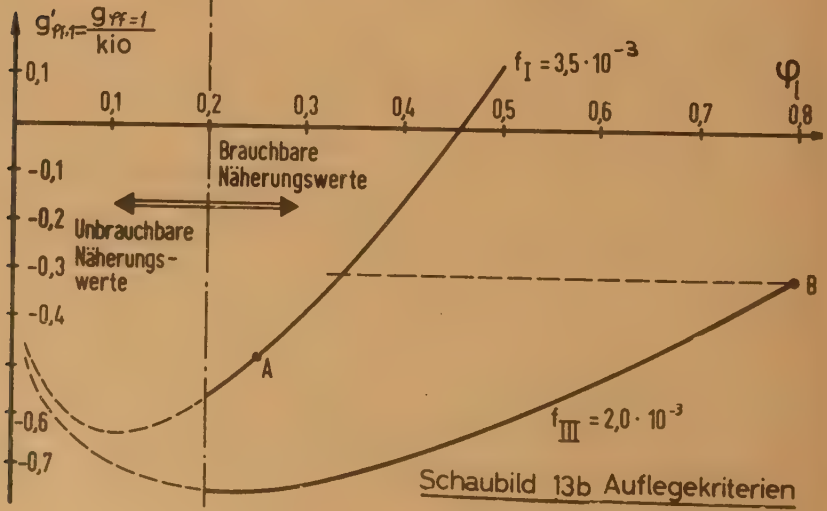


Schaubild 13b Auflegekriterien

wird, denn wir sehen aus der letztangeführten Zeichnung, dass (bei einem Ladegrad von phi_l = o,2) von einem Wert von phi_v von etwa 1,4 an aufwärts durchaus der Verlust des fahrenden Schiffes grösser ist als der Verlust beim Aufliegen des Schiffes.

Für den Fall II wurde angenommen, dass alle Werte unverändert bleiben ausser den Jahresaufliegekosten, mit anderen Worten: Es wurde angenommen, dass das Aufliegen des Schiffes gegenüber dem vorigen Fall billiger wird ($c_{\sigma o}$ = o,4 gegenüber vorher o,592).

Wir sehen, dass in diesem Fall das Schiff von einem Ladegrad von etwa o,29 an abwärts selbst bei bester Anpassung seiner Geschwindigkeit grössere Verluste bringt, wenn es in Fahrt bleibt, als wenn es aufgelegt würde.

Im Falle III sind wiederum die Werte von (I) übernommen, nur soll der Frachtsatz jetzt geringer sein ($2{,}o \cdot 1o^{-3}$ gegenüber $3{,}5 \cdot 1o^{-3}$). Wir sehen, dass die Kurve (III) zwar tiefer liegt als die Originalkurve (I), dass sie aber dennoch an keiner Stelle den Wert Null aufweist. Auch in diesem Fall wäre es also unter allen Umständen unangebracht, das Schiff aufzulegen; wie die Verhältnisse allerdings für Werte von phi_l kleiner als o,2 sind, können diese Kurven nicht aussagen.

Ein Kuriosum ist der Verlauf der Kurve (IV). Es wurde in diesem Fall angenommen, dass der Frachtsatz auf extrem niedrige Werte sinkt (f = o,684 $\cdot$ $1o^{-3}$), ansonsten wurden die Werte von (I) übernommen.

Der Kurvenverlauf erscheint paradox, denn er besagt ja, dass man bei kleinem Ladegrad (kleiner als etwa o,3) das Schiff in Fahrt halten sollte, bei grösserem Ladegrad jedoch besser auflegen sollte. Es wäre also besser, aufzulegen, als das Schiff über einen Ladegrad von phi_l = o,3 hinaus auszunutzen.

Es sei hier gleich bemerkt, dass in diesem Fall absichtlich Werte angenommen sind, wie sie in der Praxis wohl kaum jemals auftreten werden, dennoch ist die nähere Verfolgung dieses Falles interessant, weil gerade dieser Extremfall deutlich die verschiedenen Einflüsse erkennen lässt.

Zu der Erläuterung möge wieder ein Beispiel herangezogen

werden.

Es wird vorausgesetzt, dass das Schiff ganzjährig in Fahrt gehalten wird, dann ist der Gewinn (bzw. negative Gewinn):

$$g = \varphi_l \varphi_t k_{to} f - \varphi_l^3 k_{to} c_o + \varphi_l^3 k_{to}(1-\varphi_t^3) c_o \qquad [S\,233;\ \varphi_f = 1]$$

$$g = \varphi_l [\varphi_t k_{to} \cdot f] - \varphi_l^3 [k_{to} \cdot c_o - k_{to}(1-\varphi_t^3) c_{to}]$$

Wir nehmen nun an, dass das Schiff mit einem Wert $phi_v = o,4$ fährt, dann lautet die Gleichung in den bekannten Werten:

$$g = \varphi_l [0{,}684 \cdot 10^{-3} \cdot 153 \cdot 10^{3} \cdot 0{,}4] - \varphi_l^3 [1{,}95 \cdot 10^{-3} \cdot 153 \cdot 10^{3} \cdot (1-0{,}4^3) \cdot 0{,}59 \cdot 10^{-3} \cdot 153 \cdot 10^{3}]$$
$$= \varphi_l \cdot [42] - \varphi_l^3 [214]$$

Wir untersuchen jetzt den Gewinn, den das Schiff mit $phi_l = o,5$ bzw. $phi_l = 1,o$ einfährt, also den Gewinn bei halber bzw. voller Kapazitätsausnutzung.

A. $phi_l = o,5$

$$g_A = o,5 \cdot [42] - o,5^{o,25} \cdot [214] =$$
$$= 21 - 18o = -159$$

B. $phi_l = 1,o$

$$g_B = 1,o \cdot [42] - 1,o^{o,25} \cdot [214] =$$
$$= 42 - 214 = -172$$

Im Fall A sind die jährlichen Einnahmen je BRT 21 DM, die Ausgaben 18o DM; im Fall B sind die Einnahmen auf das Doppelte gestiegen, die Ausgaben steigen von 18o auf 214 DM. Obwohl also die Einnahmen um 1oo % steigen und die Ausgaben nur um 18,9%, steigen absolut gesehen die Ausgaben mit 34 DM eben doch stärker als die Einnahmen, die nur um 21 DM steigen.

Noch deutlicher wird diese Erscheinung, wenn man sich vorstellt, dass der Frachtsatz gegen Null geht. Die Aufliegekosten seien derart hoch, dass bei einem Ladegrad von o,5 das Fahren gerade noch billiger ist als das Aufliegen. Geht man auf einen

Ladegrad von 1,0 über, so steigen zwar die Einnahmen auf das Doppelte, aber da sie vorher schon nahezu gleich Null waren, bringt diese Verdoppelung absolut gesehen fast nichts ein; dagegen werden die entstehenden Kosten durchaus fühlbar steigen. Diese eigenartige Erscheinung tritt also stets auf, wenn die Aufliegekosten fast genauso hoch sind wie die Kosten, die entstehen, wenn das Schiff mit geringer Geschwindigkeit und einer weitgehend reduzierten Besatzung in Fahrt bleibt.

Für die mit IIIa bezeichnete Kurve wurden gegenüber I sowohl ein niedrigerer Frachtsatz ($2{,}0 \cdot 10^{-3}$ gegenüber $3{,}5 \cdot 10^{-3}$) als auch niedrigere Aufliegekosten ($0{,}65 \cdot 10^{-3}$ gegenüber $0{,}952 \cdot 10^{-3}$) angenommen.
Im Falle IVa wurden die Werte von IIIa übernommen, jedoch der Frachtsatz wiederum extrem niedrig angenommen ($f = 0{,}684 \cdot 10^{-3}$). Wir sehen also, dass dann, wenn die Aufliegekosten fühlbar niedriger sind als die Fahrt mit geringer Geschwindigkeit, geringer Besatzung usw., auch wieder Kurvenverläufe auftreten, die unseren Anschauungen entsprechen. Dass sich für beide Kurven für kleine Werte von phi_1 wieder positive Werte ergeben, darf nicht berücksichtigt werden, da, wie ja mehrfach gesagt, die Gleichungen für Werte von phi_1 kleiner als 0,2 nicht mehr gelten.

Mit den letzten Ausführungen wurde gezeigt, wann ein Schiff aufgelegt werden sollte und wann nicht. Der Verfasser glaubt durchaus, dass diese Methode der Berechnung auch für die betriebliche Praxis brauchbar wäre, denn im Grunde basieren doch alle diese Berechnungen auf Zahlen, die sich aus den Betriebsrechnungen der Reedereien verhältnismässig leicht extrahieren lassen. Damit soll nicht vergessen werden, dass ein Teil der Zahlenwerte möglicherweise nur aus den gesammelten Unterlagen mehrerer Reedereibetriebe extrahiert werden kann, wenn es auf eine höhere Genauigkeit ankommt; aber diese Arbeit hat wohl bisher schon gezeigt, dass auch aus einem recht geringen statistischen Material schon beachtliche Beurteilungsmöglichkeiten entwickelt werden können. In einer anderen Hinsicht allerdings muss diese Methode ganz und gar versagen, etwa bei der Frage, ob ein an

sich zweckmässigeres Auflegen aus Gründen des 'good will' u. dgl. unterbleiben soll.

Zum Schluss dieser Ausführungen über Auflegekriterien sei noch einmal daran angeknüpft, dass ein Schiff bei Werten von u grösser als Null in Fahrt bleiben sollte, während es für negative Werte von u aufgelegt werden müsste. Als Bezugszeitraum war für alle benutzten Gleichungen das Jahr gewählt worden, und es könnte nun so scheinen, als ob diese Empfehlungen demnach jeweils für ein volles Jahr gälten. Das ist jedoch nicht der Fall. Es wurde bereits früher gesagt, dass die Wahl des Jahres als Bezugszeitraum keinerlei Einschränkungen hinsichtlich der Wahl eines Berechnungszeitraumes auferlegt. Es wurde schon gezeigt, dass etwa eine Woche als Berechnungszeitraum gewählt werden kann und dass in diesem Fall für alle einzusetzenden Werte eben gerade die Werte eingesetzt werden müssen, die für diese Woche massgebend sind; man muss nur darauf achten, dass alle Werte die richtigen Dimensionen haben.

Es wurde gezeigt, wie die Umrechnung vor sich geht, hier soll am Beispiel des Wertes ß ein etwas eleganteres Verfahren aufgezeigt werden. Angenommen, es handelt sich um ein Schiff von 1ooo BRT, für das in einer Woche DM 2ooo.- Besatzungskosten entstehen. Es soll das zugehörige ß ermittelt werden. Dazu wird die Formel

$$J_\beta = \beta \cdot R^{2/3}$$ umgeformt zu

$$\beta = J_\beta / R^{2/3}$$ [S.183]

Wir setzen hierin nun die entsprechenden Werte mit Dimensionen ein.

$$\beta = (\ 2ooo\ DM/Woche\ ) / (\ 1ooo\ BRT\ )^{2/3}$$

$$= 2o \ \frac{DM}{BRT^{2/3} \cdot Woche}$$

Berücksichtigen wir jetzt noch, dass 1 Woche =(1/52) Jahr ist, so ergibt sich:

$$\beta = 2o \ \frac{DM}{BRT^{2/3} \cdot (1/52)\ Jahr} = 2o \cdot 52 \ \frac{DM}{BRT^{2/3} \cdot Jahr}$$

= 1o4o (DM / $BRT^{2/3}$ Jahr)

Damit liegt nun der Zahlenwert von ß für die Dimension vor, in der er in allen folgenden Berechnungen ohne weitere Rücksicht auf Dimensionen benutzt werden kann.
Es kann also jeder beliebige Zeitraum als Berechnungszeitraum gewählt werden. Mathematisch lässt sich das so erklären: Angenommen, es wird eine Woche als Berechnungszeitraum gewählt. Dadurch, dass alle Werte mit Dimensionen, die sich auf das Jahr beziehen, eingesetzt werden, werden die Verhältnisse dieser betreffenden Woche als in einem ganzen Jahr massgebend gedacht, und unter diesen Voraussetzungen können die entsprechenden Berechnungen vorgenommen werden. Die Ausdehnung des Berechnungszeitraumes auf den Bezugszeitraum ist eine rein innermathematische Angelegenheit, die für die praktische Anwendung der Gleichungen uninteressant ist.

So kann sich dann also auch die Grösse u von Berechnungszeitraum zu Berechnungszeitraum ändern und damit auch die Empfehlung, ob das betreffende Schiff in Fahrt gehalten werden soll oder nicht. Es besteht ausser den bereits behandelten noch ein interessantes Problem hinsichtlich der entwickelten Gleichungen. Es ist z.B. denkbar, dass als Berechnungszeitraum für die momentane Disposition die Woche gewählt wird und dass zugleich aus der Retroperspektive Berechnungen für abgelaufene Jahre angestellt werden. Dann kann es vorkommen, dass in einem der betrachteten Jahre das betreffende Schiff in einem Teil der 52 Wochen dieses Jahres entsprechend den damals angestellten Dispositionsberechnungen aufgelegt war und in einem anderen Teil dieses Jahres nicht. Für das Jahr als ganzes ergäbe sich aber aus der Retroperspektive eindeutig entweder die Empfehlung "Auflegen!" oder "Nicht auflegen!".
Dieser Widerspruch existiert jedoch nur scheinbar. Die Dispositionsberechnungen für die einzelnen Wochen haben, soweit diese Gleichungen dazu in der Lage sind, das richtige Verhalten empfohlen. Die retroperspektivische Betrachtung geht im Gegensatz zu den vorherigen von den Durchschnittswerten des Jahres aus. Die in dieser Arbeit entwickelten Kriterien für Auflegen bzw.

In-Fahrt-Halten der Schiffe sind nur für die Disposition bestimmt. Für die Retroperspektive ist dagegen die ursprüngliche Gleichung für g zuständig; hier kann ja der sich aus der Rückschau ergebende Wert phi_f eingesetzt und berücksichtigt werden. Andererseits ergibt sich aus diesen Überlegungen, dass für die Disposition eindeutig die Empfehlung "Auflegen!" oder "Nicht auflegen!" besteht. Es kann also für die Disposition phi_f immer nur entweder den Wert Null oder den Wert Eins haben. Über die Verhältnisse beim Aufliegen ($phi_f = o$) haben wir bereits gesprochen, es interessieren jetzt noch die Verhältnisse des fahrenden Schiffes.

Für die nächsten Ausführungen hat also phi_f stets den Wert Eins. Unter diesen Verhältnissen wird der Wert $phi = phi_f \cdot phi_l \cdot phi_v$ zu $phi = 1 \cdot phi_l \cdot phi_v$. Diesen Wert bezeichnen wir in Zukunft mit phi_{lv}.

$$phi \text{ (für } phi_f = 1) = phi_{lv}$$

Bei den folgenden Darstellungen wird nicht immer ausdrücklich darauf hingewiesen, dass sie für den Sonderfall $phi_f = 1$ gelten; wenn also beispielsweise g geschrieben wird, so ist darunter zu verstehen: $g_{(\varphi_f=1)}$. Nur wenn eine Gefahr des Missverständnisses besteht, werden die Formelgrössen genauer durch Indizes gekennzeichnet. Unsere ursprünglichen Gleichungen für g und c^+ nehmen dann folgende Gestalt an:

$$c^* = \frac{\varphi_l^x}{\varphi} \cdot c_o - \frac{\varphi_l^x}{\varphi}(1-\varphi_v^3) \cdot c_{ro} \qquad [S.221;\ \varphi_f=1]$$

$$g = \varphi \cdot k_{io}(f - c^*) \qquad [S.221]$$

$$g = k_{io}\left[\varphi_v \varphi_l \cdot f - \varphi_l^x c_o + \varphi_l^x(1-\varphi_v^3) c_{ro}\right]$$

Zunächst sei erinnert daran, dass der Wert c^+ für den Fall, wenn ausser phi_f nun auch noch phi_l zu Eins wird, identisch ist mit dem Wert c. Das soll hier kontrolliert werden. Für diesen Fall ergibt sich (siehe S.220):

$$c^*_{\varphi_l=1} = \frac{c_o}{\varphi_v} - \frac{c_{ro}(1-\varphi_v^3)}{\varphi_v} = \frac{[\alpha+\beta+\varepsilon+\gamma p v_o^3 \psi(1-\tau)+\delta\psi\tau]R^{-1/3}}{\varphi_v \cdot k_{io}} - \frac{[\gamma p v_o^3 \psi(1-\tau)]R^{-1/3}(1-\varphi_v^3)}{\varphi_v \cdot k_{io}}$$

$$= \frac{[\alpha+\beta+\varepsilon+\gamma\rho v^3\psi(1-\tau)+\delta\psi\tau]R^{1/3}}{k_1} \quad = \quad c$$

Wir können diese Tatsache verwerten, um die Gleichungen für c^+ und g (jetzt wieder mit $phi_1 \neq 1$!) anders zu formulieren:

$$c^* = \varphi_1^{x-1}\left[\frac{c_o}{\varphi_v} - \frac{c_{vo}(1-\varphi_v^3)}{\varphi_v}\right] = \varphi_1^{x-1} \cdot c$$

$$g = \varphi_v \varphi_1 k_o [f - c^*] = k_o \varphi_v [\varphi_1 f - \varphi_1^x c]$$

Diese andere Form der Gleichungen für c^+ und g ist nur des Interesses halber angeführt, sie werden im folgenden nur einmal benutzt werden.

Als nächstes sollen jetzt die Optimalwerte für phi_{vo} und phi_{vog} festgestellt werden.

Hinsichtlich des Wertes phi_{vo} muss hier gesagt werden, dass es sich lediglich um eine Kontrollrechnung handelt, denn es ist ja

$$phi_v = v / v_o \quad \text{und} \quad phi_{vo} = v_o / v_o = 1$$

Der Wert phi_{vo} ist also an sich definitionsgemäss gleich Eins. Wenn hier trotzdem der Wert phi_{vo} noch einmal berechnet wird und sich dabei nicht genau der Wert Eins ergibt, so liegt das daran, dass die Gleichung, von der ausgegangen wird, unter Benutzung der Näherungsbeziehung $\nabla^* = [v - \mu R^{1/3} v^2 \cdot \bar{s}\bar{s}^*] \equiv konst.$ entstanden ist.

$$c^* = \frac{\varphi_1^{x-1} c_o}{\varphi_v} - \frac{\varphi_1^{x-1} \cdot c_{vo}}{\varphi_v} + \varphi_1^{x-1} c_{vo} \varphi_v^2 \qquad [S.221]$$

$$\frac{dc^*}{d\varphi_v} = -\frac{\varphi_1^{x-1} c_o}{\varphi_v^2} + \frac{\varphi_1^{x-1} c_{vo}}{\varphi_v^2} + \varphi_1^{x-1} c_{vo} \cdot 2\varphi_v = 0$$

$$-c_o + c_{vo} + c_{vo} \cdot 2\varphi_v^3 = 0$$

$$\varphi_{vo} = \sqrt[3]{\frac{c_o - c_{vo}}{2c_{vo}}}$$

Für das Frachtschiffbeispiel mit $c_o = 1{,}95 \cdot 10^{-3}$ und

$c_{vo} = 0{,}59 \cdot 10^{-3}$ ergibt sich danach:

$$= \sqrt[3]{\frac{1{,}95 - 0{,}59}{2 \cdot 0{,}59}} = \sqrt[3]{\frac{1{,}36}{1{,}18}} = \sqrt[3]{1{,}15} = 1{,}05$$

Durch die Benutzung der oben angeführten Näherung stellt sich also für diesen Fall ein Fehler von 5 % ein.

Für phi_{vog} erfolgt die nachfolgende Berechnung (Siehe S. 243):

$$g = k_{10}\left[\varphi_v \varphi_1 \cdot f - \varphi_1^{\varkappa} c_{v0} + \varphi_1^{\varkappa}(1-\varphi_v^3) c_{v0}\right]$$

$$\frac{dg}{d\varphi_v} = k_{10}\varphi_1 f - 3\varphi_1^{\varkappa}\varphi_v^2 c_{v0} k_{10} = 0$$

$$\varphi_{vog} = \sqrt[2]{\frac{f \cdot \varphi_1^{1-\varkappa}}{3 c_{v0}}}$$

Diese Formel für den Optimalwert der Geschwindigkeit hinsichtlich des Gewinns dürfte eine der wichtigsten Formeln dieser Arbeit überhaupt sein, da sie bei geringstem Aufwand eine Berechnung der günstigsten Geschwindigkeit erlaubt. Für das Frachtschiffbeispiel wurden die Optimalwerte von phi_{vg} und die zugehörigen Geschwindigkeiten für verschiedene Werte des Frachtsatzes (f) und des Ladegrades phi_1 berechnet und die Werte der günstigsten Geschwindigkeiten in Schaubild 14 graphisch dargestellt.

Ob es möglicherweise bei bestimmten Werten von f und phi_1 günstiger ist, aufzulegen, wird durch die Formel nicht ausgesagt; hierzu muss auf die entsprechenden früheren Ausführungen verwiesen werden.

Wenn in den vorangegangenen Ausführungen von einer Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich der Kosten (v_0) gesprochen wurde, so könnte es zweifelhaft sein, ob hier an die Kosten je erbringbaren oder je erbrachten Tonnenkilometer (c bzw. c^+) gedacht ist. Dazu sei bemerkt, dass es in dieser Hinsicht keine differierenden Geschwindigkeitsoptima gibt oder mit anderen Worten, dass diese beiden Geschwindigkeitsoptima identisch sind. Man erkennt das aus der bereits gefundenen Beziehung

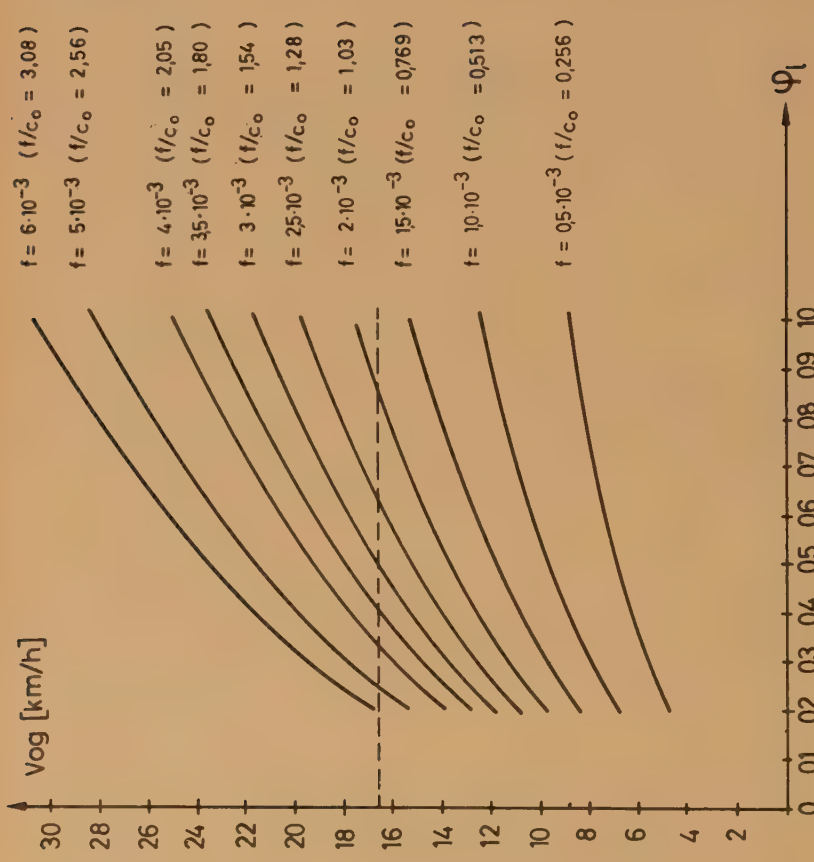
$$c^* = \varphi_1^{\varkappa-1} c \qquad [S. 244]$$

Da $\varphi_1^{\varkappa-1}$ ein von der Geschwindigkeit unabhängiger Wert ist, muss das Minimum für c und das für c^+ für gleiche Geschwindigkeiten auftreten.

Weiterhin bleibt anzumerken, dass der Wert phi_{vog} mit dem Optimalwert phi_v, den wir bei der Untersuchung der Auflegekriterien ermittelten, identisch ist.

Wir sehen also, dass es grundsätzlich zwei verschiedene Optimalgeschwindigkeiten gibt. Es wurde schon erwähnt, dass eine evtl. Diskrepanz zwischen beiden auf einen Ungleichgewichtszustand schliessen lässt. Der volkswirtschaftlich ideale Zustand ist dann gegeben, wenn $phi_l = 1$ und $phi_v = 1$ ist; dann werden die Kosten c^+ zu c_o, d.h. also, die Kosten je Tonnenkilometer sind dann die geringsten, die überhaupt möglich sind. Im Schaubild 14 (S.247) sind in Klammern zu den Werten f die Werte f/c_o angegeben. Man sieht, dass bei der optimalen Geschwindigkeit hinsichtlich der Kosten (16,7 km/h) dieses Verhältnis nahezu zu Eins wird. (Dass es nicht genau zu Eins wird, liegt an der öfter erwähnten Näherung).
Auch die Frachtsätze haben dann also den volkswirtschaftlich günstigsten Wert, denn niedrigere Frachtsätze hätten einen Kapitalverzehr bei den Reedereien zur Folge.
Wenn sich Reedereien einer Krisensituation gegenübersehen, so kann das in einem niedrigen Niveau der marktgängigen Frachtsätze oder in einer schlechten Ausnutzung des Schiffsmaterials oder in beiden gleichzeitig begründet sein.
Wie diese verschiedenartigen Möglichkeiten zustande kommen können, sei hier nicht erörtert; es genügt an dieser Stelle, dass sie auftreten, und sei es auch nur vorübergehend oder infolge von Marktbeeinflussung od.dgl.
Die schlechte Ausnutzung des Schiffsmaterials kann sich im Aufliegen der Schiffe, in einem niedrigen Ladegrad und in einer niedrigen Reisegeschwindigkeit der Schiffe äussern. Die letzten Ausführungen bezogen sich auf das in Fahrt gehaltene Schiff, und dabei wurde stillschweigend vorausgesetzt, dass der Ladegrad für den Reeder (sofern er sich an die marktgängigen Frachtsätze hält) ein vorgegebenes Datum sei, an das er die Schiffsgeschwindigkeit möglichst günstig anzupassen hätte.
Man kann sich etwa vorstellen, dass die Schiffe in jedem Hafen, den sie anlaufen, eine gewisse Menge an Transportgütern zur

Schaubild 14



Optimalgeschwindigkeit (hinsichtlich Gewinn) (Vog) abhängig von Ladegrad(φ_l) und Frachtsatz(f)

Tabelle 33

$f \cdot 10^3$ / φ_i	0,5	1	1,5	2	2,5	
0,2	0,292 (4,9)	0,412 (6,9)	0,504 (8,4)	0,581 (9,7)	0,65 (10,8)	φ_{vog} (v_{og})
0,3	0,339 (5,7)	0,48 (8,0)	0,586 (9,8)	0,677 (11,3)	0,758 (12,6)	"
0,4	0,378 (6,3)	0,534 (8,9)	0,654 (10,9)	0,755 (12,6)	0,844 (14,1)	"
0,5	0,411 (6,9)	0,58 (9,7)	0,71 (11,8)	0,82 (13,7)	0,916 (15,3)	"
0,6	0,44 (7,3)	0,621 (10,4)	0,76 (12,7)	0,879 (14,7)	0,983 (16,4)	"
0,7	0,465 (7,8)	0,658 (11)	0,805 (13,4)	0,93 (15,5)	1,04 (17,3)	"
0,8	0,49 (8,2)	0,692 (11,5)	0,846 (14,1)	0,978 (16,3)	1,09 (18,2)	"
0,9	0,511 (8,5)	0,724 (12,1)	0,885 (14,8)	1,02 (16,8)	1,14 (19)	"
1,0	0,532 (8,9)	0,751 (12,5)	0,92 (15,3)	1,06 (17,7)	1,19 (19,8)	"

Fortsetzung Tabelle 33

$f \cdot 10^3$ / φ_i	3	3,5	4	5	6	
0,2	0,713 (11,9)	0,769 (12,8)	0,823 (13,7)	0,92 (15,3)	1,01 (16,8)	φ_{vog} (v_{og})
0,3	0,83 (13,8)	0,895 (14,9)	0,958 (16)	1,07 (17,8)	1,17 (19,5)	"
0,4	0,925 (15,4)	0,997 (16,6)	1,07 (17,8)	1,19 (19,8)	1,31 (21,8)	"
0,5	1,0 (16,7)	1,08 (18)	1,16 (19,3)	1,3 (21,7)	1,42 (23,7)	"
0,6	1,08 (18)	1,16 (19,3)	1,24 (20,7)	1,39 (23,2)	1,52 (25,4)	"
0,7	1,14 (19)	1,23 (20,5)	1,31 (21,8)	1,47 (24,5)	1,61 (26,8)	"
0,8	1,20 (20)	1,29 (21,5)	1,38 (23)	1,55 (25,8)	1,69 (28,2)	"
0,9	1,25 (20,8)	1,35 (22,5)	1,44 (24)	1,62 (27)	1,77 (29,5)	"
1,0	1,3 (21,7)	1,4 (23,4)	1,5 (25)	1,68 (28)	1,84 (30,7)	"

Beförderung erhalten und dass sich somit ein bestimmter durchschnittlicher Ladegrad ergibt, der kaum zu beeinflussen ist, auch nicht etwa durch verlängerten Aufenthalt in den Häfen und dergleichen. Von der Möglichkeit der Erhöhung des Ladegrades durch Senken der Frachtsätze soll hier zunächst einmal ganz abgesehen werden.

Im Gegensatz zu letzterer Annahme ist es aber andererseits auch denkbar, dass die Agenturen der Reedereien pro Zeiteinheit Aufträge für eine bestimmte Menge an Transportgütern erhalten

können.
In diesem Fall ist also nicht der Ladegrad, sondern der Ausnutzungsfaktor phi_{lv} vorgegeben, wobei wiederum a priori angenommen wird, dass das Schiff gemäss den früheren Ausführungen über Auflegekriterien in Fahrt bleiben soll.
Die Reeder können dann also entweder den Wert phi_l oder den Wert phi_v frei wählen, das Produkt beider Werte muss gleich dem vorgegebenen Ausnutzungsfaktor phi_{lv} sein.
Im Schaubild 1o sind bei den verschiedenen Kurven für den Parameter phi_l für einzelne Punkte die phi-Werte in Klammern angegeben (für $phi_f = 1$ ist $phi = phi_{lv}$!), für den Wert phi = o,6 ist die Verbindungslinie für konstante phi-Werte eingezeichnet. Wir sehen dabei, dass der höchste Gewinn bei einem vorgegebenen Wert von phi_{lv} bei einem Ladegrad $phi_l = 1$ erzielt wird.
Ist also der Ausnutzungsgrad vorgegeben, so ist es am günstigsten, mit voller Ladung ($phi_l = 1$) und entsprechend angepasster Geschwindigkeit ($phi_v = phi_{lv}/ phi_l$) zu fahren. Das ist auch leicht einzusehen, denn die Frachteinnahmen pro Zeiteinheit bleiben konstant ($phi_{lv} \cdot f$), und die Brennstoffkosten je Zeiteinheit sind um so geringer, je niedriger die gefahrene Geschwindigkeit ist. Der Gewinn muss dann also am grössten sein, wenn das Schiff mit voller Ladung und der Geschwindigkeit fährt, bei der die Aufträge gerade noch bewältigt werden können.

Zum Abschluss dieser Ausführungen sollen noch einige allgemeinere Schlüsse angeführt werden, die sich aus dem Vorstehenden ergeben.
Zunächst soll gezeigt werden, dass es prinzipiell durchaus möglich ist, dass die einzelne Reederei durch Senken der Frachtsätze unter das allgemeine Niveau zu einem besseren Ergebnis kommen kann.
Im Schaubild 13 b sind zwei Kurven für den Wert $g' = g/k_{1o}$ eingezeichnet. Für diese beiden Kurven gelten die gleichen Voraussetzungen, nur die Frachtsätze unterscheiden sich (Werte wurden von denen des Schaubilds 13a übernommen).
Ist beispielsweise bei einem Frachtsatz $f = 3{,}5 \cdot 1o^{-3}$ der erreichbare Ladegrad $phi_l = o{,}25$ (Punkt A) und wäre es möglich,

bei einem Frachtsatz von $f = 2{,}0 \cdot 10^{-3}$ einen Ladegrad $\varphi_1 = 0{,}8$ zu erreichen, so würde g' von - 0,48 auf - 0,3 ansteigen, also wäre trotz des niedrigeren Frachtsatzes im zweiten Fall der Verlust geringer. Was für eine Veringerung der Verluste gilt, gilt auch für eine Vergrösserung des Gewinns. Ob nun freilich mit der angegebenen Senkung des Frachtsatzes die entsprechende Vergrösserung des Ladegrades möglich ist, kann daraus nicht beurteilt werden.

Es ist eine interessante Frage, ob sich Schiffe durch eine hohe Geschwindigkeit einen grösseren Anteil am Frachtaufkommen erjagen können. Vorausgesetzt sei dabei, dass die in jedem angelaufenen Hafen bei jedem Anlaufen zu erhaltende Ladungsmenge und damit in etwa auch der Ladegrad φ_1 vorgegeben sei; wenn man nämlich annimmt, dass die je Zeiteinheit erhältliche Ladungsmenge vorgegeben sei, ist eine Erhöhung der Geschwindigkeit a priori sinnlos.

Aus dem Schaubild 12 sieht man, dass jedes Abweichen von der Optimalgeschwindigkeit v_{og} eine Gewinnverminderung mit sich bringt. Im allgemeinen ist also das "Erjagen" von Fracht nicht angebracht, besser ist eine Modernisierung des Schiffsparks, bei der - wie aus einer Untersuchung der entsprechenden Gleichungen hervorgeht - der Wert v_{og} automatisch steigt.

Diese Untersuchung geht aus von der Formel (Siehe S.245):

$$v_{og} = v_o \cdot \varphi_{vog} = v_o \sqrt{\frac{f \cdot \varphi_1^{1-\varkappa}}{3 c_{yo}}}$$

Hierin setzen wir den Wert für c_{yo} ein (S.221)

$$c_{yo} = \frac{[\gamma p v_o^3 \psi (1-\tau)] R^{-1/3}}{\psi (1-\tau) T_o v_o v_o^3} = \frac{\gamma \cdot p v_o^2}{T_o v_o^3 R^{1/3}}$$

und erhalten:

$$v_{og} = \sqrt{\frac{f \cdot \varphi_1^{1-\varkappa} T_o v_o^3 R^{1/3}}{3 \gamma p v_o^2}} \cdot v_o = \sqrt{f} \cdot \sqrt{\varphi_1^{1-\varkappa}} \sqrt{\frac{v_o^3 R^{1/3}}{\gamma p}} \cdot \sqrt{\frac{T_o}{3}}$$

Der Optimalwert für die Geschwindigkeit (hinsichtlich Gewinn) steigt also zunächst einmal mit der Wurzel des Frachtsatzes. Üblicherweise liegen Linienschiffe mit ihrem Frachtsatz höher als Trampschiffe, schnellere Schiffe höher als langsame usw.;

jeweils bei der ersten Alternative wird demnach v_{og} also höhere Werte annehmen.
Weiterhin ist v_{og} proportional zu $\sqrt{\varphi_1^{1-\varkappa}}$
Qualitativ hochwertige und schnelle Schiffe werden in Krisenzeiten bei einigermassen nivellierten Frachtsätzen von den Verladern bevorzugt, sie werden also einen höheren Ladegrad erreichen und daher auch höhere Optimalgeschwindigkeiten v_{og} haben.
Der Wert kappa ist ein Mass für die Elastizität der Kosten gegenüber dem Ladegrad. Beispielsweise bedeutet der Wert kappa = o,25, dass das betreffende Schiff bei einem Ladegrad phi_1 = o,5 $\varphi_i^{\varkappa}$ · 1oo %, d.h. also 84,1 % der Kosten hat, die es bei einem Ladegrad phi_1 = 1,o hätte; wäre kappa = o,6, so hätte es bei phi_1 = o,5 Kosten in Höhe von 66 % gegenüber 1oo % bei phi_1 = 1. Je grösser also der Wert kappa, um so grösser die Elastizität. Die geringere Elastizität im ersten Fall kann beispielsweise dadurch begründet sein, dass ein Abbau der Schiffsbesatzungen und der Verwaltung bei geringer Tonnagenachfrage nicht möglich oder aus irgendwelchen sonstigen Gründen untunlich ist; auch weisen weitgehend automatisierte und mechanisierte Schiffe eine geringere Elastizität auf. Nun ist $\sqrt{\varphi_1^{1-\varkappa}}$ um so kleiner, je kleiner kappa, d.h. also je geringer die Elastizität ist. Somit wirkt die erwähnte Mechanisierung und Automatisierung in diesem Fall verringernd auf die Optimalgeschwindigkeit. In der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre wird der gleiche Zusammenhang unter Bezugnahme auf die in diesem Fall relativ höheren fixen Kosten festgestellt.
Aus der dritten Wurzel kann man ablesen:
Je grösser das Schiff (ausgedrückt in der BR-Tonnage R) ist, um so grösser ist die Optimalgeschwindigkeit.
Je grösser der Wert γ_o^+ ist, desto grösser ist die Optimalgeschwindigkeit. Dieser Wert ist nun um so grösser, je grösser das Verhältnis von Bruttotragfähigkeit zur BR-Tonnage (nü) ist und je geringer das Verhältnis von Vorratsgewicht zur BR-Tonnage ist.
Für moderne Schiffe wird im allgemeinen der Wert nü relativ hoch sein und das relative Vorratsgewicht relativ niedrig. Man denke hier etwa an die erheblich geringern Gewichte der

Maschinenanlage und den geringeren spezifischen Brennstoffverbrauch bei Motorschiffen oder auch bei Turbinenschiffen gegenüber Schiffen mit Dampfmaschinenantrieb.
Wiederum wird also für moderne Schiffe die Optimalgeschwindigkeit v_{og} höher liegen.
Über die Bedeutung des Wertes gamma und des Wertes p wurde bereits gesprochen. Hier mag es genügen, dass für modernere Schiffe der Wert gamma relativ klein sein wird und deshalb wiederum die Optimalgeschwindigkeit relativ gross.
Andererseits ist der von modernen Schiffen benutzte Treibstoff im allgemeinen teurer und daher auch der Wert p grösser, was sich in Richtung einer Verminderung der Optimalgeschwindigkeit auswirkt.
Eine genaue Untersuchung ist nicht möglich, da die Preise der verschiedenen Brennstoffe zeitlich und gebietsmässig stark schwanken; hier sei lediglich festgestellt, dass insgesamt gesehen tatsächlich die grösseren, moderneren und weitgehend mechanisierten und automatisierten Schiffe eine relativ hohe Optimalgeschwindigkeit haben.
Wenn diese Schiffe also durch eine hohe Reisegeschwindigkeit einen relativ hohen Anteil am Frachtaufkommen sich sichern können, so kann von einem "Erjagen" dieses grösseren Anteils keine Rede sein; diese Schiffe verhalten sich vielmehr lediglich zweckmässig in Hinsicht auf die für sie massgebenden Voraussetzungen.
Aus diesen Gegebenheiten heraus ist es auch zu verstehen, dass mitunter in Krisenzeiten grössere Anstrengungen hinsichtlich einer Modernisierung des Schiffsparks unternommen werden als in Zeiten guter Konjunktur.

4.3) Frachtpreistheorie

In den vorhergehenden Untersuchungen wurde der Frachtsatz (f) als ein vorgegebenes Datum angesehen. Es ist nun bekannt, dass der Frachtsatz mit der Beschäftigungslage der Reedereien im Zusammenhang steht.
Die vorliegende Untersuchung der Seeschiffahrt als Marktpartner wäre unvollständig, wenn nicht auch das Zustandekommen der Frachtsätze und die Beziehungen zwischen Frachtsatz und Beschäftigungslage behandelt würden.
Diese Materie ist nun so kompliziert, dass eine geschlossene Behandlung dieses Komplexes im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich war. Um nun wenigstens die Zusammenhänge in etwa zu erhellen, wurden für einen Modellfall die entsprechenden Untersuchungen angestellt, und es wird sich zeigen, dass sich daraus immerhin schon eine Reihe von Erscheinungen der Schiffahrtswirtschaft erklären lässt, obwohl das Modell in hohem Masse von den realen Verhältnissen absieht.
Eine verbesserte theoretische Durchdringung des Gegenstandes liesse sich durch eine immer weiter gehende Annäherung des Modells an die Verhältnisse der Praxis gewinnen; vielleicht ergibt sich für den Verfasser zu einem späteren Zeitpunkt hierfür eine Gelegenheit.
Wie schon gesagt, wurde die Untersuchung auf die Behandlung eines Modells - allerdings mit einigen Varianten - beschränkt, aber selbst für dieses Modell war die durchgängige Behandlung nicht möglich. Es wird sich nämlich zeigen, dass bei der Untersuchung mathematische Ausdrücke auftreten, deren Auswertung nicht geschlossen, sondern nur numerisch in mehreren Näherungsstufen möglich ist [1].
Da die Berechnung mit dem Rechenschieber durchgeführt wurde, musste sie abgebrochen werden, als ihre Fortsetzung wegen der Akkumulation von Ungenauigkeiten sinnlos wurde.

---

[1]) Wegen der Methoden der Regeltechnik zur Behandlung derartiger Probleme Siehe die Erläuterungen zu S.254 auf Seite 283 ff.

Ob möglicherweise bei einer Berechnung mit der Rechenmaschine die Kurven etwas anders verlaufen würden, kann nicht beurteilt werden; jedenfalls sind Kurvencharakter und Tendenzen richtig und deutlich erkennbar.

Für das Modell wird angenommen; dass bei einem Volk mit konstanter Bevölkerungszahl das Volkseinkommen periodischen Schwankungen unterworfen ist. Unter anderem soll in diesem Volk ein Luxusgut verbraucht werden, für das die Rohstoffe im Ausland eingekauft werden müssen.

Sowohl der Einkauf der Rohstoffe als auch die Verarbeitung derselben sollen in der Hand einer Reihe von Verarbeitern, deren Betriebe in Hafennähe liegen, vereinigt sein, der Transport der Rohstoffe über See soll durch eine Spezialflotte unabhängiger Reeder erfolgen. Bei der Verarbeitung soll kein Gewichtsschwund entstehen. Das fertige Luxusgut soll am Verarbeitungsort direkt dem Grosshandel übergeben werden.

Es soll weiter angenommen werden, dass die Verarbeiter stets einen ganz bestimmten Teil des Volkseinkommens als Einnahmen erhalten, diese Einnahmen sollen also nicht von dem Preis des betreffenden Gutes, sondern nur von der Höhe des Volkseinkommens abhängen. Die Einnahmen der Verarbeiter sollen entsprechend der Entwicklung des Volkseinkommens sinusförmig schwanken. Wir bezeichnen die Einnahmen mit A, den Durchschnittswert derselben mit A_n, die Schwankungsamplitude derselben mit A' , die Dauer einer Schwankungsperiode mit T und die Zeit vom Beginn einer Schwankungsperiode bis zu einem beliebigen Zeitpunkt mit t. Dann gilt für die Einnahmen, die die Verarbeiter (in Zukunft auch als Hersteller bezeichnet) zu einem beliebigen Zeitpunkt t erhalten:

$$A = A_n + A' \cdot \sin \left(360^o \cdot \frac{t}{T} \right)$$

Bevor die erwähnten Schwankungen des Volkseinkommens und damit auch von A einsetzen, soll über lange Zeit hinweg die Grösse von A konstant, und zwar gleich A_n gewesen sein. In dieser langen Zeit soll sich ein Gleichgewichtszustand ergeben haben,

den wir zunächst untersuchen wollen. Wir bezeichnen diesen Gleichgewichtszustand auch als Normalzustand und setzen für alle Formelgrössen, die sich auf diesen Zustand beziehen, den Index (n) hinzu.

Für das Luxusgut sei im Normalzustand der Ablieferungspreis an den Grosshandel (je Tonne des Gutes) gleich p_n, die Ankaufs- und Verarbeitungskosten, die den Herstellern entstehen, bezeichnen wir mit k_v (letztere sollen auch nach Einsetzen der Schwankungen konstant bleiben und erhalten daher nicht den Index n).

Für den Transport der Rohstoffe soll eine Spezialflotte bestehen, die keine anderen Güter transportieren kann und daher auch keine Rückladung findet. Der Frachtsatz wird höher sein, als er dann wäre, wenn die Schiffe in beiden Richtungen ausgenutzt werden könnten. Um das recht deutlich zu machen, wurde als Normalfrachtsatz (f_n) der Frachtsatz bei einer (nur gedachten) Benutzung in beiden Richtungen bezeichnet und die Höhe des Frachtsatzes bei Benutzung der Schiffe in nur einer Richtung doppelt so hoch angenommen.

Ist nun die Entfernung zwischen dem Exportland und dem Importland gleich s und bezeichnet man die Kosten, die je Tonne des Gutes für den Seetransport entstehen, mit k_{fn}, so gilt:

$$k_{fn} = s \cdot (2 f_n) = 2 \cdot s \cdot f_n$$

Der Gewinn der Verarbeiter je Tonne des Gutes werde mit g_{Hn} bezeichnet (im Normalzustand, sonst: g_H), der Gesamtgewinn aller Verarbeiter mit G_{Hn}, die Gesamtproduktionsmenge (je Jahr) mit M_n. Dabei ist die Produktionsmenge gleich dem Quotienten aus dem an die Verarbeiter gehenden Geldbetrag (A_n) und dem Preis des Gutes bei Übergabe an den Grosshandel (p_n). Es lassen sich damit folgende Beziehungen aufstellen:

$$g_{Hn} = p_n - k_v - k_{fn} \qquad M_n = A_n / p_n$$

$$G_{Hn} = M_n (p_n - k_v - k_{fn}) = (A_n / p_n) \cdot (p_n - k_v - k_{fn})$$

Weiterhin bezeichnen wir wieder die erbringbare Jahres-Normkapazität je BRT mit k_{io}, die erbrachte Kapazität mit k_a, die

entsprechenden Werte, bezogen auf ein Schiff, mit K_{io} bzw. K_a und die entsprechenden Werte, bezogen auf die ganze Flotte, mit K_{ioges} bzw. K_{ages}. Die Schiffe der Spezialflotte sollen alle untereinander gleich sein, die BR-Tonnage jedes einzelnen Schiffes sei R und die Zahl der Schiffe sei gleich n; für die Kennzeichnung aller dieser Grössen im Normalzustand werde wieder der Index (n) verwandt.

Weiterhin wird angenommen, dass die Schiffe nur mit einer ganz bestimmten Geschwindigkeit fahren können, die dann natürlich zugleich Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich der Kosten ist; die Auflegekosten seien so hoch, dass nur bei extrem niedrigem Ladegrad das Auflegen zweckmässig wäre.

Mit $phi_v = 1$ und $phi_f = 1$ ist in diesem Falle $phi = phi_l$. Die erbrachte Kapazität der Gesamtflotte im Normalzustand ist dann:

$$K_{agesn} = \varphi_{ln} \cdot k_{io} \cdot R \cdot n_n \qquad [S. 220\ 221]$$

Die durch die Schiffe angelieferte Menge an Rohstoffen ist identisch mit der Produktionsmenge der Verarbeiter, daher gilt für M_n:

$$M_n = \frac{K_{agesn}}{2s} = \frac{\varphi_{ln} k_{io} R n_n}{2s}$$

Die Produktionsmenge ist also gleich dem Quotienten aus der erbrachten Jahrestransportkapazität und der doppelten Entfernung von Export- und Importland. Daraus ergibt sich nach Umstellung die Zahl der Schiffe im Normalzustand:

$$n_n = \frac{2 \cdot s \cdot M_n}{\varphi_{ln} \cdot k_{io} \cdot R}$$

Damit ist die Betrachtung der Verhältnisse im Normalzustand zunächst abgeschlossen.

Zur Vorbereitung der eigentlichen dynamischen Betrachtung werde jetzt angenommen, dass das Volkseinkommen und damit auch der Wert A kurzfristig auf einen höheren Wert als den Normalwert angestiegen sind, die Zahl der Schiffe soll aber konstant bleiben. Die Verhältnisse dieses Zustandes werden mit dem Index (1) bezeichnet. Bei dem sich einstellenden grösseren Wert von M ($M = M_1$) soll der Ladegrad phi_{l1} noch nicht zu Eins werden, so dass die Erhöhung der Transportmenge durch eine Erhöhung des

Ladegrades über seinen Normalwert hinaus vollständig abgefangen werden kann.
Der Gewinn der Verarbeiter je Tonne ist dann:

$$g_{H1} = p_1 - k_v - k_{f1}$$

Es sei vorausgeschickt, dass dieser Wert kurz nach der Erhöhung des Wertes A von A_n auf A_1 gewiss grösser war als im Normalzustand. Es wird jedoch angenommen, dass die Verarbeiter ihre Produktion jeweils so ausdehnen bzw. drosseln, dass der Gewinn je Tonne stets nach einer kurzen Einspielzeit gleich dem Gewinn im Normalfall (g_{Hn}) ist; dieses Einspielen soll bereits erfolgt sein.
Es ist dann also $g_{H1} = g_{Hn}$, und damit ergibt sich folgendes:

$$g_{H1} = p_1 - k_v - k_{f1} = g_{Hn} = p_n - k_v - k_{fn}$$

Nun ist $p_1 = A_1/M_1$, und es verhält sich ausserdem die Menge im Zustand 1 (M_1) zu der Normalmenge (M_n) wie die entsprechenden Ladegrade, also $M_1/M_n = phi_{11}/phi_{1n}$ oder $M_1 = (M_n\ phi_{11})/phi_{1n}$.
Weiterhin ist $k_f = 2\ s\ f$, und damit ergibt sich:

$$p_1 - k_v - k_{f1} = p_n - k_v - k_{fn}$$

$$\frac{A_1 \varphi_{1n}}{M_n \varphi_{11}} - 2sf_1 = p_n - 2sf_n$$

$$f_1 = \frac{1}{2s}\left[2sf_n - p_n + \frac{A_1 \varphi_{1n}}{M_n \varphi_{11}}\right]$$

Diesen Wert wollen wir später für die Berechnung des Gewinns der Reedereien verwerten.
Der Gesamtgewinn der Reedereien (G_R) ist gemäss den früheren Ausführungen gleich dem Gewinn je Tonnenkilometer ($f - c^+$), multipliziert mit der erbrachten Jahrestransportkapazität - in diesem Fall der gesamten Flotte - ($R\ n_n\ \varphi\ k_{io}$). In dem betrachteten Falle tritt an Stelle von phi der Wert phi_{11}, ausserdem kann statt c^+ (wenn $phi_f = 1$ ist) geschrieben werden: $c^+ = \varphi_1^{\varkappa - 1} \cdot c$, wobei in diesem Falle $c = c_o$ ist. Es gilt also für G_{R1}

$$G_{R1} = n_n\ R\ k_{io} \cdot \varphi_{11}\ (f_1 - \varphi_{11}^{\varkappa - 1} \cdot c_o)$$

$$G_{R1} = n_n \, R \, k_{io} \, (\varphi_{11} \cdot f_1 - \varphi_{11}^{*} \cdot c_o)$$

Entsprechend gilt für den Gewinn je BRT und Jahr (g_{R1})

$$g_{R1} = k_{io} \, (\varphi_{11} \cdot f_1 - \varphi_{11}^{*} \cdot c_o)$$

In diese Gleichungen könnte der früher erhaltene Ausdruck für f_1 eingesetzt werden, worauf jedoch verzichtet werden soll, da bei der anschliessenden numerischen Berechnung zunächst f_1 und mit Hilfe des hierfür errechneten Wertes g_{R1} ausgerechnet werden sollen.

Für die Berechnung werden folgende Werte angenommen:

s = 1ooo km; $f_n = 3{,}5 \cdot 1o^{-3}$ DM/t km; T = 2o Jahre; p_n = 2o DM/t
$A_n = 1o \cdot 1o^9$ DM/Jahr; $A' = o{,}5 \cdot A_n = 5 \cdot 1o^9$ DM/Jahr; t = 1 Jahr;
$A_1 = A_n + A' \sin(36o^o \cdot {}^t/T) = (1o + 5 \sin(36o^o \cdot {}^1/2o)) \cdot 1o^9$
$A_1 = 11{,}5 \cdot 1o^9$ DM/Jahr; $phi_{1n} = o{,}7$; $c_o = 1{,}95 \cdot 1o^{-3}$; DM/t km;
$M_n = A_n/p_n = o{,}5 \cdot 1o^9$ t/Jahr; $k_{io} = 153 \cdot 1o^3$ t km/Jahr

Mit diesen Werten ergibt sich:

$$f_1 = \left[\frac{8.05}{\varphi_{11}} - 6{,}5\right] \cdot 10^{-3} \frac{DM}{t \cdot km}$$

$$g_{R1} = 153 \cdot 1o^3 \left[\varphi_{11} \cdot f_1 - \varphi_{11}^{*} \cdot 1{,}95 \cdot 1o^{-3} \right] \frac{DM}{BRT \; Jahr}$$

Aus diesen beiden Formeln ergibt sich nun die folgende Tabelle 34 für die Werte f_1 und g_{R1} für verschiedene Werte von phi_{11}.

Tabelle 34

phi_{11}	$f_1 \cdot 1o^3$	g_1
o,2	33,8	835
o,3	2o,3	711
o,4	13,7	617
o,5	9,6	484
o,6	6,9	372
o,7	5,o	263
o,8	3,6	159
o,9	2,45	46
1,o	1,55	- 61

Zum Vergleich sei hier der Wert g_{Rn} errechnet:

$$g_{Rn} = k_{io} \, (\varphi_{1n} \cdot f_n - \varphi_{1n}^{*} \cdot c_o)$$

$$= 153 \cdot 10^{3} \left(0{,}7 \cdot 3{,}5 \cdot 10^{-3} - 0{,}7^{0{,}25} \cdot 1{,}95 \cdot 10^{-3} \right)$$

$$= 102 \ {}^{DM}/_{BRT\ Jahr}$$

Im Schaubild 15 (S. 261) wurden die Werte f_1 und g_{R1} abhängig vom Ladegrad phi_{11} dargestellt. Bevor an Hand dieses Schaubildes eine Auswertung vorgenommen wird, sei noch einmal kurz der Gedankengang dieser Entwicklung dargestellt:
Es wurde angenommen, dass der Gewinn der Verarbeiter je Tonne konstant bleiben soll. Man könnte sich etwa vorstellen, dass die Verarbeitung des Gutes mit geringsten Hilfsmitteln in Heimarbeit erfolgen kann und dass die Produktion deshalb leicht ausgeweitet bzw. eingeschränkt werden kann, ohne dass sich die Verarbeitungskosten je Tonne merklich ändern. Ebenso einfach soll das Hinzukommen oder Ausscheiden von Unternehmern (die die Heimarbeit vergeben) sein; wenn unter diesen Voraussetzungen die Gewinne von dem (angemessenen!) Normalgewinn g_{Hn} abweichen, wird die Produktionsmenge sehr schnell so verändert, dass sich wieder der Normalgewinn einstellt.
Idealisiert nehmen wir an, dass der Gewinn immer konstant gleich g_{Rn} bleibt.
Unter diesen Voraussetzungen ist es für die Produktionsmenge M_1 von grosser Bedeutung, wie hoch die Frachtsätze sind. Der von dem betrachteten Volk für das Luxusgut aufgewandte Betrag ist ja eine vorgegebene Grösse, und dieser Betrag verteilt sich auf die Produktionsmenge. Ist diese nun hoch, so ist der beim Grosshandel für das Luxusgut erhältliche Preis je Tonne niedrig, und damit der Gewinn je Tonne gleich dem Normalgewinn ist, muss der Frachtsatz niedrig sein.
Aus der Beziehung für f_1 ist nun ersichtlich, wie hoch der Frachtsatz (f_1) sein muss, wenn die Schiffe einen bestimmten Ladegrad (phi_{11}) aufweisen sollen. Die Beziehung für g_{R1} gibt dann an, welchen Gewinn je BRT und Jahr die Reeder bei einem bestimmten phi_{11} und dem zugehörigen Frachtsatz f_1 erzielen.
Von dem erwähnten, sich zu einem bestimmten Frachtsatz einspielenden Ladegrad hängen weiterhin noch die Produktionsmenge für das Luxusgut und, wie gezeigt, auch der Preis desselben ab.
Mit der Festsetzung des Frachtpreises legen also die Reeder

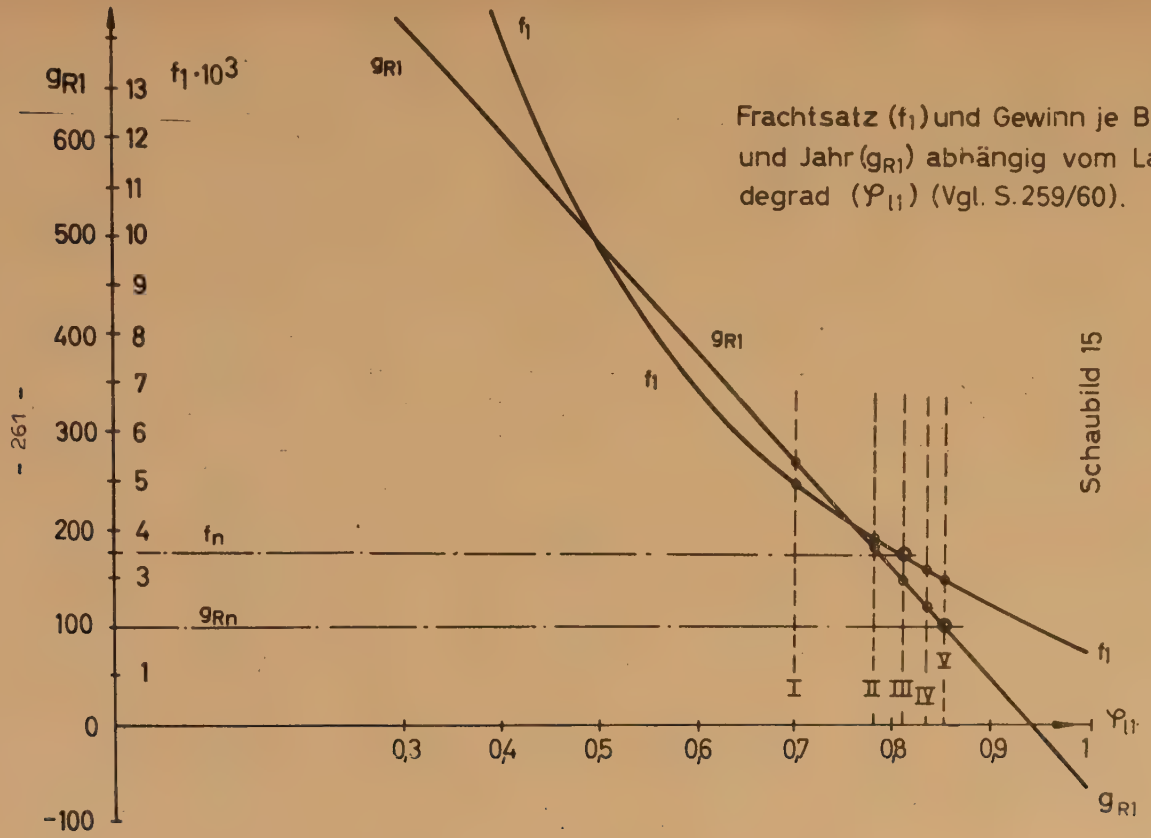


Schaubild 15

Frachtsatz (f_1) und Gewinn je BRT und Jahr (g_{R1}) abhängig vom Ladegrad (φ_{11}) (Vgl. S. 259/60).

direkt oder indirekt fest: den Ladegrad ihrer Schiffe, ihren Gewinn, die Produktionsmenge des Luxusgutes und den Preis desselben.

An Hand des Schaubilds 15 seien nun die verschiedenen Möglichkeiten erörtert:

I. Die Reeder setzen den Frachtpreis so fest, dass der ursprüngliche Ladegrad beibehalten wird. Diese Möglichkeit ist irreal, es sei denn, dass aus irgendwelchen technischen oder organisatorischen Gründen eine Vergrösserung des Ladegrades über den Normalladegrad hinaus nicht möglich wäre.

Im Falle (I) müsste der Frachtsatz (nach Schaubild 15) auf etwa $5 \cdot 10^{-3}$ DM/t km festgesetzt werden, der Gewinn der Reeder je BRT und Jahr würde etwa 270 DM/BRT Jahr betragen.

Die Produktionsmenge M_1 bliebe gleich M_n, und die Preise für das Luxusgut würden proportional zum Volkseinkommen steigen, d.h. also auf 115 %. (Alle Prozentangaben beziehen sich auf die entsprechenden Werte im Normalfall, die gleich 100 % gesetzt werden).

II. Die Reeder setzen ihre Frachtpreise so fest, dass diese proportional zum Ladegrad sind. (Normalladegrad $phi_{ln} = 0{,}7$; Normalfrachtsatz $f_n = 3{,}5 \cdot 10^{-3}$; $phi_{ln}/f_n = 200$
$phi_{l1} = 0{,}78$; $f_1 = 3{,}9 \cdot 10^{-3}$; $phi_{l1}/f_1 = 2001$)

In diesem Fall würde der Gewinn der Reeder je BRT und Jahr etwa 180 DM betragen, die Produktionsmenge ($M_1 = M_n \; phi_{l1}/phi_{ln}$) würde auf 111 % steigen und der Preis des Luxusgutes auf 103 %.

III. Die Reeder halten den Frachtpreis konstant.

Der Gewinn der Reedereien je BRT und Jahr beträgt dann etwa 147 DM. Es stellt sich ein Ladegrad von $phi_{l1} = 0{,}81$ ein, die Produktionsmenge steigt auf ca. 116 %, der Preis des Luxusgutes bei Ablieferung an den Grosshandel beträgt dann ca. 99 %.

IV. Die Reeder setzen den Frachtpreis so fest, dass ihr Gewinn dem Ladegrad proportional ist. Die entsprechenden Werte finden sich in der Tabelle 35.

V. Die Reeder setzen den Frachtpreis so fest, dass ihr Gewinn je BRT und Jahr konstant bleibt, d.h., sie verhalten sich genauso wie die Verarbeiter.

Für alle diese Fälle sind in der Tabelle 35 noch einmal die interessierenden Werte zusammengestellt.

Welcher der aufgeführten Fälle nun eintreten wird oder ob gar ein Fall mit Werten eintritt, die zwischen den Werten der behandelten Fälle liegen, kann nicht von vorneherein entschieden werden.
Herrscht unter den Reedern vollkommene Konkurrenz und sind sie nicht zu Kapitalaufstockungen genötigt (etwa für den Bau neuer Schiffe), so wird theoretisch der Fall (V) eintreten. In diesem Fall sinkt der Preis des Luxusgutes bei Ablieferung an den Grosshandel auf 94,2 %. Diese Preissenkung ist möglich, weil die Schiffe mit höherem Ladegrad und daher wirtschaftlicher fahren, was sich auch im zugehörigen Frachtpreis ausdrückt. Jeder andere der aufgeführten Fälle kann nur durch unvollständige Konkurrenz oder (bzw.: und) durch die allgemeine Tendenz der Reedereien zu einer Kapitalakkumulation erklärt werden. Nun müssen wir bedenken, dass wir unvollständige Konkurrenz geradezu vorausgesetzt hatten, jedoch nur in Hinsicht auf die konstante Zahl der konkurrierenden Schiffe, nicht im Hinblick auf Preisvereinbarungen der beteiligten Reedereien; für unsere Betrachtungen kann man daher unter den gemachten Voraussetzungen die Annahme der vollständigen Konkurrenz für die Modellsituation beibehalten.

In der folgenden Untersuchung wollen wir annehmen, dass die Reedereien allgemein angesichts des Konjunkturaufschwungs den Bau neuer Schiffe planen und daher ihre Frachtsätze so festsetzen, dass sie dem Ladegrad proportional sind (Fall 1; II.). In diesem Fall ist, wie wir sahen, der Gewinn grösser als im Normalfall. Wir nehmen an, dass von diesem Gewinn ein Teil an die Kapitaleigner ausgeschüttet wird, und zwar soll dieser Teil genauso gross sein wie der im Normalfall auftretende Normalgewinn; den restlichen Teil des gegenüber dem Normalfall vergrösserten Gewinns, den wir der Einfachheit halber als Übergewinn bezeichnen, sollen die Reeder für die Anschaffung zusätzlicher Schiffe verwenden. Der Einfachheit halber nehmen wir

Tabelle 35

Normal-fall	φ_{1n}	$f_n \cdot 10^3$	g_{Rn}
(Absolutwerte)	o,7	3,5	1o2

Fall	φ_1/φ_{1n} (%)	f/f_n (%)	g_R/g_{Rn} (%)
n	1oo	1oo	1oo
1 ; I	1oo	143	264
1 ; II	111	111	176
1 ; III	116	1oo	144
1 ; IV	119	91,5	119
1 ; V	122	85,7	1oo

(Tabelle zu S. 66o/67)

weiterhin an, dass die neu hinzukommenden Schiffe restlos aus diesem Übergewinn finanziert werden, und zwar soll jeweils dann ein neues Schiff zu der Flotte kommen, wenn der Kaufpreis für dasselbe zusammengekommen ist.

Wir müssen noch eine Reihe von Vereinfachungen voraussetzen; so kann beispielsweise nicht berücksichtigt werden, dass die Reproduktion der Flotte, also der Ersatz der wegen ihres Alters ausscheidenden Schiffe, wegen der erhöhten Baukosten teurer wird, und es kann auch nicht der Einfluss der Besteuerung usw. berücksichtigt werden.

Da die folgende Untersuchung die letzte und zugleich die allgemeinste in dem jetzt verfolgten Fragenkreis ist, wollen wir nicht, wie es an sich konsequent wäre, die Grössen durch den Index (2) kennzeichnen, sondern gar keinen Zahlenindex verwenden.

Die Voraussetzung, dass sich der Frachtsatz proportional zum Ladegrad verhalten soll, wird wiedergegeben durch die

Fortsetzung Tabelle 35

Normal-fall	$M_n \cdot 10^{-9}$	p_n	$G_{Hn} \cdot 10^{-9}$
(Absolutwerte)	o,5	2o	o,5

Fall	M/M_n(%)	p/p_n(%)	GH/G_{Hn}(%)	A_1/A_n(%)
n	1oo	1oo	1oo	115
1 ; I	1oo	115	1oo	
1 ; II	111	1o3	111	
1 ; III	116	99	116	
1 ; IV	119	96,6	119	
1 ; V	122	94,2	122	

(Tabelle zu S. 26o/63)

Gleichung:

$$f = f_n \frac{\varphi_1}{\varphi_{1n}}$$

Die von den Schiffen angelieferte Menge von Rohstoffen ist identisch mit der Produktionsmenge des Luxusgutes (M). Bliebe die Schiffszahl der Flotte konstant, so wäre die angelieferte Menge von Rohstoffen und folglich auch die Produktionsmenge proportional dem Ladegrad der Schiffe; wir müssen nun aber berücksichtigen, dass die Schiffszahl nicht konstant bleibt, wir müssen also berücksichtigen, dass die Produktionsmenge proportional der Zahl und proportional zum Ladegrad der Schiffe ist. Es gilt demnach die Beziehung:

$$\frac{M}{M_n} = \frac{\varphi_1 \cdot n}{\varphi_{1n} \cdot n_n}$$

Der Gewinn der Verarbeiter je Tonne (g_H) im betrachteten Fall soll wiederum gleich dem Gewinn im Normalfall sein.

$g_{Hn} = p_n - k_v - 2 s f_n = g_H = p - k_v - 2 s f$

Schliesslich gilt wieder: p = A/M, und damit ergibt sich folgende Beziehung für den Frachtsatz:

$$f = \frac{1}{2s}\left[\frac{A \cdot \varphi_{ln} n_n}{M_n \varphi_l \cdot n} - p_n + 2 s f_n\right] \qquad [S.258]$$

Wir haben nun zwei Beziehungen für f, in denen als unabhängige Variable nur noch n, phi und A auftreten. Dabei ist A nur rein formal für diese Gleichungen eine unabhängige Variable, im Rahmen der gesamten Überlegungen ist es dagegen ebenfalls vorgegeben.

Aus den beiden Gleichungen für f erhalten wir nun folgende zwei Gleichungen:

$$\varphi_l = \varphi_{ln}\left[\left(\frac{1}{2} - \frac{p_n}{4 s f_n}\right) + \sqrt{\left(\frac{1}{2} - \frac{p_n}{4 s f_n}\right)^2 + \frac{A n_n}{2 s n M_n f_n}}\right]$$

$$f = f_n\left[\left(\frac{1}{2} - \frac{p_n}{4 s f_n}\right) + \sqrt{\left(\frac{1}{2} - \frac{p_n}{4 s f_n}\right)^2 + \frac{A n_n}{2 s n M_n f_n}}\right]$$

Den Wert in der eckigen Klammer bezeichnen wir mit H, so dass geschrieben werden kann:

$\varphi_l = \varphi_{ln} \cdot H$

$f = f_n \cdot H$

Für den Gewinn gilt nun:

$$g_R = k_{io} \varphi_l \left[f - \varphi_l^{x-1} c_o\right] = k_{io}\left[\varphi_l f - \varphi_l^x \cdot c_o\right] \qquad \text{und}$$

$$G_R = n R k_{io}\left[\varphi_l f - \varphi_l^x c_o\right] \qquad [S.258]$$

Der Zusatzgewinn (oder: Übergewinn) (g_{Rz} bzw. G_{Rz}) ergibt sich, wenn hiervon der Normalgewinn abgezogen wird:

$$g_{Rz} = k_{io}\left[\varphi_{ln} f_n (H^2 - 1) - \varphi_{ln} c_o (H^x - 1)\right]$$

$$G_{Rz} = n R k_{io}\left[\varphi_{ln} f_n (H^2 - 1) - \varphi_{ln} c_o (H^x - 1)\right]$$

Die Zahl der zu einem beliebigen Zeitpunkt (t) zu der Normalzahl von Schiffen hinzugekommenen Schiffe ist gleich dem Integral des Gesamtgewinns der Reeder (für die gesamte Flotte),

dividiert durch den Anschaffungspreis für ein Schiff. Der Anschaffungspreis je BRT im Normalfall werde mit b_n bezeichnet, und es wird für b_n ein Wert von 900 DM/BRT angenommen. Im Verlaufe der Konjunkturentwicklung wird der Baupreis oder Anschaffungspreis sich ändern. Es sei angenommen, dass für ihn gilt:

$$b = b_n + b_n \frac{dn/dt}{n}$$

Darin kommt zum Ausdruck, dass der Baupreis (je BRT) um so grösser wird, je mehr Schiffe in der Zeiteinheit hinzukommen, dass diese Steigerung des Baupreises aber andererseits um so geringer ist, je grösser die Zahl der Schiffe (n) an und für sich schon ist.

Der Anschaffungspreis für ein Schiff zu einem beliebigen Zeitpunkt ist gleich R • b; die oben angeführte Beziehung für b wird in die folgende Gleichung nicht eingeführt, sondern sie wird erst bei der numerischen Rechnung berücksichtigt.

Zählen wir nun zu den neu hinzugekommenen Schiffen die Anzahl der Schiffe der Normalflotte hinzu, so ergibt sich folgende Gleichung:

$$n = n_0 + n_z = n_0 + \frac{1}{bR} \int_{t=0}^{t=t} R n k_{i0} \left[(H^2-1) \varphi_{1n} - (H^n-1) \varphi_{in} c_0 \right] \cdot dt$$

Bei dieser Gleichung handelt es sich um eine Differentialgleichung, da der Wert H (der von n abhängig ist) und auch der Wert n selbst in dem Integral vorkommen, während der Wert n auch gleichzeitig ausserhalb des Integrals vorkommt. Eine geschlossene Lösung dieser Gleichung ist nicht möglich (Siehe die Erläuterungen S.283 ff.); für die numerische Auswertung wird sie zunächst differenziert, [illegible] sich:

$$\frac{dn}{dt} = \frac{n k_{i0} \left[(H^2-1) \varphi_{1n} - (H^n-1) \varphi_{in} c_0 \right]}{b}$$

Für die numerische Berechnung verwenden wir wieder die bisher in diesem Abschnitt benutzten Werte:

$k_{i0} = 153 \cdot 10^{-3}$; $\varphi_{1n} = 0{,}7$; $f_n = 3{,}5 \cdot 10^{-3}$; $c_0 = 1{,}95 \cdot 10^{-3}$; $s = 1000$; $M_n = 0{,}5 \cdot 10^9$; $b_n = 900$; $R = 5560$; $p_n = 20$; $T = 20$;

$n_n = (2 \cdot s \cdot M_n) / (phi_{ln} \cdot k_{io} \cdot R) = 1680$ Schiffe

$A = A_n + A' \sin(360 \cdot t/T) = [10 + 5 \sin(18 \cdot t)] \cdot 10^9$

Nach Einsetzen der Zahlen ergibt sich:

$$dn/dt = (n/b) \cdot [375 (H^2-1) - 273 (H^4-1)]$$

wobei $$H = -0{,}93 + \sqrt{0{,}93^2 + (A \cdot 10^{-6}/n) \cdot 0{,}48}$$

Die Beziehung für A wurde bereits 4 Zeilen höher angegeben.

Für die numerische Rechnung wird jetzt noch der Differentialquotient dn/dt durch den Differenzenquotienten $\Delta n/\Delta t$ ersetzt und die Gleichung etwas umgeformt. Damit ergeben sich also endgültig folgende Beziehungen:

$$\Delta n = \frac{n}{b} [375 (H^2-1) - 273 (H^4-1)] \cdot \Delta t$$

$$H = -0{,}93 + \sqrt{0{,}93^2 + \left(\frac{A}{n} \cdot 10^{-6}\right) \cdot 0{,}48}$$

$$A = [10 + 5 \cdot \sin(18 \cdot t)] \cdot 10^9$$

Dimension von $(18 \cdot t)$: [Winkelgrade]

Der Wert Delta t wird möglichst klein gewählt; je kleiner er ist, um so grösser ist die Genauigkeit. Da hier aus den bereits angedeuteten Gründen sowieso keine sehr grosse Genauigkeit erzielt werden konnte, wurde Delta t = 1 Jahr gewählt.
Für die Berechnung von Delta n für das erste Jahr werden in die Gleichungen zweckmässigerweise die Werte von A und n eingesetzt, die diese in der Mitte des ersten Jahres haben. Nun ist das für n nicht ohne weiteres möglich, da ja für n zunächst einmal nur der Wert am Jahresanfang (nämlich n_n) bekannt ist; die Entwicklung von n (in Worten ausgedrückt: der Schiffszahl) soll ja gerade erst errechnet werden. Für den Wert n muss also zunächst einmal ein geschätzter Wert eingesetzt werden, mit dem dann Delta n in erster Näherung berechnet wird. An Hand des Ergebnisses kann dann festgestellt werden, ob der Schätzwert gut war, und es kann für die zweite Näherung ein entsprechend verbesserter Wert für das n (zur Jahresmitte) eingesetzt werden. So kann die Genauigkeit durch weitere Näherungsrechnungen weiter gesteigert werden.
(Eine besonders gute Genauigkeit kann durch graphische

Interpolation erreicht werden!)
In der später folgenden numerischen Rechnung erfolgt eine Begrenzung auf drei Näherungen.
Hat man nun einen genügend genauen Wert für Delta n erhalten, so wird dieser zu dem für den Anfang des Berechnungsabschnittes (also in unserem Fall: des Jahres) geltenden Wert von n zugezählt; dieser Wert gibt dann die Schiffszahl für den Beginn des nächsten Berechnungsabschnittes an und bildet dann die Basis der Berechnung für diesen; die weitere Berechnung entspricht der Berechnung für das erste Jahr.
Der unvermeidliche Nachteil dieser Rechnung ist der, dass die bei der Berechnung für einen Berechnungsabschnitt gemachten Fehler sich auf jeden folgenden Berechnungsabschnitt auswirken; die Ungenauigkeitsfehler akkumulieren sich also, so dass das Ergebnis mit jedem Berechnungsabschnitt ungenauer wird. Bei einer Rechnung mit der Rechenmaschine lassen sich die Ungenauigkeiten so klein halten, dass sie auch gegen Ende der Rechnung kaum ins Gewicht fallen; bei der Berechnung mit dem Rechenschieber ist das nicht möglich; die Berechnung wurde daher nach dem 8. Jahr abgebrochen.

Einer Vermehrung der Schiffszahl in der Zeit des Konjunkturaufschwungs steht in Depressionszeiten eine Verminderung der Schiffszahl gegenüber. Für die Vermehrung der Schiffszahl ist die Höhe des Baupreises mit massgebend, für die Verfolgung der Entwicklung in der Depressionszeit müssen demgegenüber Annahmen über den Verkaufspreis gebrauchter Schiffe gemacht werden, ausserdem wäre es nötig, neben der Möglichkeit des Verkaufs oder Abwrackens von Schiffen die Möglichkeit des Auflegens zu berücksichtigen.
Bei der hier durchgeführten Rechnung war die Beachtung dieser Tatsachen nicht nötig, da die Rechnung abgebrochen wurde.
Die (gekürzte!) Berechnung für das gewählte Beispiel findet sich in der folgenden Tabelle 36, das Ergebnis der Berechnung wurde im darauf folgenden Schaubild 16 dargestellt.
In dieser Zeichnung wurden nicht die Absolutwerte der Schiffszahl (n), des Ladegrades (phi_1) und des Frachtsatzes (f_n),

Tabelle 36

Nr.	Bezeichnung	1.Jahr	2.Jahr
1	t (Berechnungszeitpunkt)	o,5	1,5
2	$A \cdot 1o^{-9} = 1o+5 \cdot \sin(18 \cdot t)$	1o,782	12,27
3	Schiffszahl Anfang des Jahres	168o	1731,6
4	Schiffszahl Jahresmitte (I.Schätzg.) n_I	168o	1757
5	$H_I = -o,93+[o,93^2+o,48(A/n_I \cdot 1o^{-6})]^{1/2}$	1,o55	1,13
6	$b_I = b_n \cdot (^{dn/dt}/t)$; b_n = 9oo	94o	995
7	$(dn/dt)_I$	67,3	17o
8	Schiffszahl Jahresende (I.Näherung.)	1747	19o2
9	Schiffszahl Jahresm.(I.Näherg.) zugleich Ausgangswert für IIte Näherg.	1714	1817
1o	$H_{II} = -o,93+[o,93^2+o,48(^A/n_I \cdot 1o^{-6})]^{1/2}$	1,o4	1,o6
11	b_{II} (Baupreis nach IIter Näherung)	927	939
12	$(dn/dt)_{II}$	5o,5	83,1
13	Schiffszahl Jahresende (II.Näherung)	173o,5	1814,7
14	Schiffszahl Jahresmitte (II.Näherg.) zugleich Ausgangswert f.III Näherg.	17o5	1773
15	H_{III}	1,o41	1,12
16	b_{III} Baupreis nach III. Näherg.	926	988
17	$(dn/dt)_{III}$	51,6	157,2
18	Schiffszahl Jahresende (III.Näherg.)	1731,6	1888,8
19	$\varphi_1 = \varphi_{1n} \cdot H$	o,73	o,748
2o	$f \cdot 1o^3 = f_n \cdot 1o^3 \cdot H$	3,64	3,92
21	A/A_n [%] (Jahresmitte)	1o7,8	122,7
22	n/n_n [%] (Jahresanfang)	1oo	1o3,1
23	n/n_n [%] (Jahresmitte)	1o1,5	1o7
24	$(\varphi_1/\varphi_{1n}) = (f/f_n) = H \cdot 1oo$ [%] (Jahresm.)	1o4,1	112
25	$M/M_n = (n \cdot \varphi_1/n_n \varphi_{1n})$ [%] (Jahresmitte)	1o6,5	12o
26	$p/p_n = (A \cdot M_n/M \cdot A_n)$ (Jahresmitte) [%]	1o1	1o2

Berechng. zum Schaubild 16 (S.272 - Vgl. S.267)

Fortsetzung Tabelle 36

Nr.	3.Jahr	4.Jahr	5.Jahr	6.Jahr	7.Jahr	8.Jahr
1	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5
2	13,54	14,46	14,94	14,94	14,46	13,54
3	1888,8	2049	2208	2324	2412	2412
4	1980	2129	2288	2409	2447	
5	1,09	1,1	1,07	1,03	0,71	
6	960	967	945	920	900	
7	134,2	159	116	54	-444	
8	2023	2208	2324	2396	1968	
9						
	1956	2129	2266	2369	2190	
10	1,12	1,1	1,08	1,05	1,08	
11	980	963	954	934	900	
12	171	159,4	134	86,6	136	
13	2060	2208	2342	2428	2548	
14						
	1975	2129	2275	2385	2480	
15	1,11	1,1	1,08	1,04	1,0	
16	974	963	953	925	900	
17	160	159,4	134	69,9	0	
18	2049	2208	2324	2412	2412	
19	0,777	0,77	0,755	0,729	0,7	
20	3,88	3,85	3,78	3,64	3,5	
21	135,4	144,6	149,4	149,4	144,6	135,4
22	112,3	122	131,5	139,7	144,1	144,1
23	117,1	126,9	135,1	141,3	144,1	
24	111	110	108	104	100	
25	130	140	146	147	144	
26	104	103	102,3	101,6	100,2	

Berechng. zum Schaubild 16 (S.272 - Vgl. S.267)

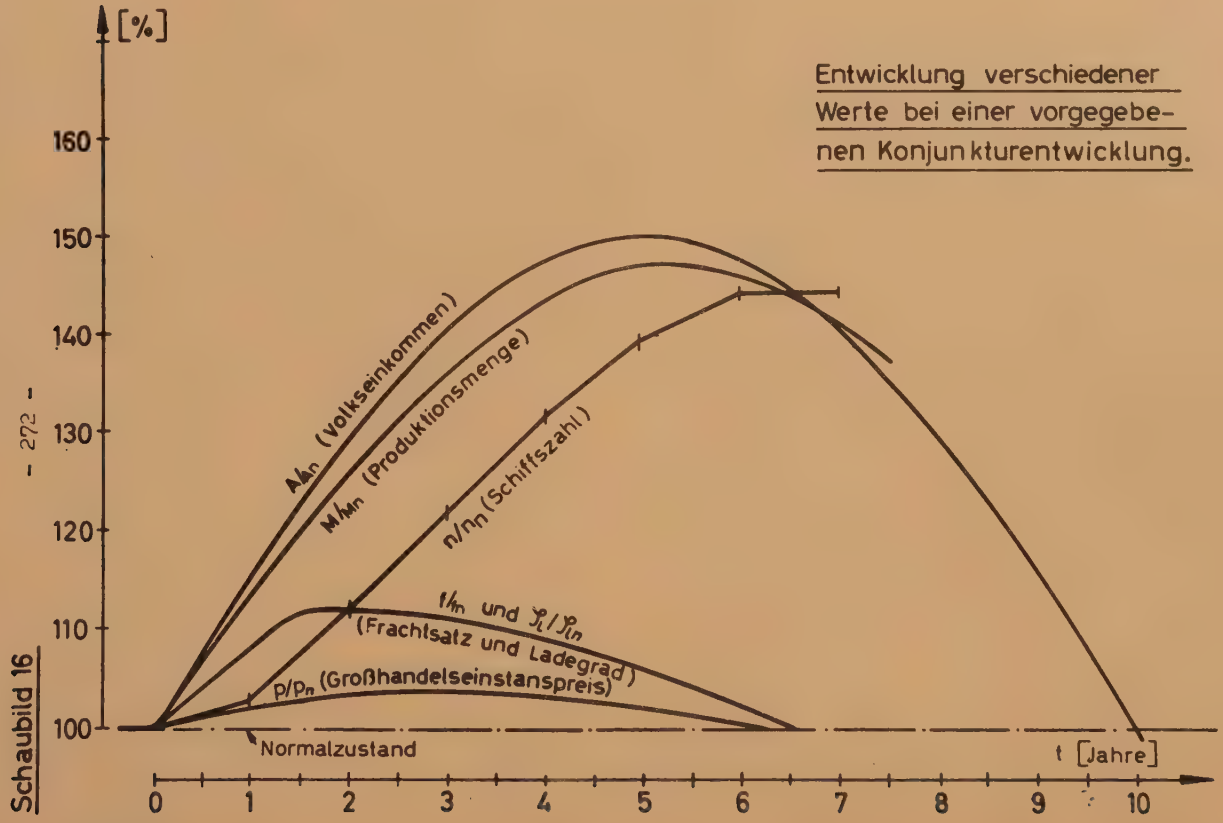


Schaubild 16

Entwicklung verschiedener Werte bei einer vorgegebenen Konjunkturentwicklung.

der Preise, zu denen die Verarbeiter das Gut an den Grosshandel weitergeben (p - identisch mit den Grosshandelseinstandspreisen), usw. aufgeführt, sondern die Werte wurden in Prozent der entsprechenden Werte im Normalfall angegeben.

Verzeichnis der Formelzeichen

A	: Einkommen von Fabrikanten unter bestimmten Voraussetzungen	Seite 255 " 266
A'	: Schwankungsamplitude von A (siehe dort)	Seite 255 " 259
A_n	: Mittel- oder Normalwert von A (siehe dort)	Seite 255 " 259
A_1	: Sonderfall zu A	Seite 258 " 259
	- - -	
b_n	: Normal- Anschaffungs- oder Bauwert (siehe b)	Seite 267
b	: Anschaffungs- oder Bauwert eines Schiffes je BRT	Seite 267
	- - -	
c	: Kosten je Tonnenkilometer erbringbarer Transportkapazität bei einem bestimmten Schiff (siehe auch bei K_i)	Seite 184 " 187 " 192 " 208
c_o	: Kosten je Tonnenkilometer bei Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich der Kosten (siehe auch bei c und v_o)	Seite 194 " 216 " 224
c^+	: Kosten je Tonnenkilometer erbrachter Transportkapazität (K_a) - Gegenüber dem Wert c ist bei c^+ die evtl. Nichtausnutzng. der Tragfähigkt. und evtl. zeitweiliges Aufliegen des Schiffes berücksichtigt	Seite 216 " 225 " 243
$c_{\gamma o}$	: Abkürzung für den Wert: $k_{io}^{-1} \cdot R^{-1/3} [\gamma \rho \mu_0^3 \eta (1-\eta)]$	Seite 221 " 225
$c_{\sigma o}$	: Abkürzung für den Wert: $k_{io}^{-1} \cdot R^{-1/3} \cdot \sigma$	Seite 221 " 225
	- - -	
f	: Frachteinnahmen je Tonnenkilometer	Seite 190 " 209 " 221 " 225 " 265
f_n	: Normalfrachtsatz unter bestimmten Voraussetzungen	Seite 256 " 259
f_p	: Passagierrate ("Frachtsatz" je Passagier und Kilometer Transportstrecke)	Seite 208 " 209
f_1	: Sonderfall zu f	Seite 258

g	: Jährlicher Gewinn je BRT eines Schiffes	Seite 190 " 214 " 221 " 225 " 233 " 239 " 243 " 250
g_H	: Gewinn von Herstellern bzw. Verarbeitern je Tonne hergestellten bzw. verarbeiteten Gutes	Seite 256 " 265
g_{Hn}	: Normalgewinn je Tonne eines Gutes (siehe g_H)	Seite 256
g_{H1}	: Sonderfall zu g_H	Seite 258
g_{Rz}	: entspricht G_{Rz}, jedoch je BRT	Seite 266
g_{R1}	: entspricht G_{R1}, jedoch je BRT	Seite 259
G_H	: Gesamtgewinn aller Verarbeiter eines Gutes im Bezugszeitraum (Jahr);(siehe auch g_H)	Seite 256 " 265
G_{Hn}	: Normalgewinn (vgl. G_H)	Seite 256
G_R	: Gesamtgewinn der Reeder einer Spezialflotte	Seite 258 " 266
G_{Rn}	: Normalwert von G_R	Seite 259
G_{R1}	: Sonderfall zu G_R	Seite 259
G_{Rz}	: Gesamter Zusatzgewinn der Reeder einer Spezialflotte gegenüber dem Normalgewinn G_{Rn} bei einem Konjunkturaufschwung	Seite 266

- - -

H	: Abkürzung für mathemat. Ausdruck, siehe	Seite 266

- - -

j	= J/R (Jahreskosten je BRT eines Schiffes gleich Gesamt-Jahreskosten dividiert durch BR-Tonnage)	Seite 185
j_α	= J_α/R	Seite 185
j_β	= J_β/R	Seite 185
j_γ	= J_γ/R	Seite 185
j_δ	= J_δ/R	Seite 185
j_ε	= J_ε/R	Seite 185
j_σ	= J_σ/R	Seite 218
J	= $J_\alpha + J_\beta + J_\gamma + J_\delta + J_\varepsilon$ (Gesamtkosten für ein Schiff in einem Jahr)	Seite 184
J_α	: Kosten für Zinsen, Amortisation usw. für ein Schiff in einem Jahr	Seite 183

J_β : Besatzungskosten für ein Schiff in einem Jahr Seite 183

J_γ : Brennstoffkosten für ein Schiff in einem Jahr Seite 183

J_δ : Hafenkosten für ein Schiff in einem Jahr Seite 183

J_ε : Verwaltungskosten für ein Schiff in einem Jahr Seite 183

- - -

K_{io}
K_i
K_a

Wenn ein Schiff ganzjährig - abgesehen von notwendigen Reparaturen und Hafenaufenthalten - mit der Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich der Kosten (v_o) fährt, so ist das Produkt aus der dabei in einem Jahr gefahrenen Strecke (S) und der Nutz- oder Nettotragfähigkeit (R_N) gleich der Erbringbaren Jahres-Normkapazität (K_{io}). Wird unter sonst gleichbleibenden Voraussetzungen eine beliebige andere Geschwindigkeit beibehalten, so ergibt sich die Erbringbare Jahres-Transportkapazität K_i ($K_i/K_{io} = phi_v$)

Seite 184
" 221
" 258

Für die Erbrachte Jahres-Transportkapazität wird die evtl. unvollständige Ausnutzung der Nettotragfähigkeit und gegebenenfalls auch das zeitweilige Aufliegen des Schiffes berücksichtigt. Kennzeichnend hierfür ist der Ladegrad phi_l und gegebenenfalls der Wert phi_f.

$K_a = \varphi_l \cdot \varphi_f \cdot K_i = \varphi_l \cdot \varphi_f \cdot \varphi_v \cdot K_{io} = \varphi \cdot K_{io}$

k_i : Erbringbare Jahres-Transportkapazität je BRT ($k_i = K_i/R$) Seite 185

k_a : Erbrachte Jahres-Transportkapazität je BRT eines Schiffes ($k_a = K_a/R$) Seite 22o
" 256

k_{io} : Erbringbare Jahres-Norm-Transportkapazität je BRT eines Schiffes ($k_{io} = K_{io}/R$) Seite 22o
" 225
" 256

k_v : Ankaufs- und Verarbeitungskosten je Tonne eines Gutes Seite 256

k_{fn} : Seetransportkosten je Tonne eines Gutes im Normalfall Seite 256

K_{ioges}: Gesamte erbringbare Jahres-Norm-Transportkapazität einer Spezialflotte Seite 257

K_{ages}: Gesamte erbrachte Jahres-Transportkapazität einer Spezialflotte Seite 257

K_{agesn}: Normalgrösse von K_{ages} Seite 257

k_{f1} : Sonderfall zu k_{fn} Seite 258

l	: Rauminhalt der Laderäumte eines Schiffes je BRT des Schiffes	Seite 204 " 209
	- - -	
M	: Gesamtproduktionsmenge eines Gutes in Tonnen	Seite 257 " 265
M_n	: Gesamtproduktionsmenge eines Gutes im Normalfall in Tonnen	Seite 256 " 259
M_1	: Sonderfall zu M	Seite 265
	- - -	
n	: Zahl der Schiffe einer Spezialflotte	Seite 257 " 267
n_n	: Normalzahl der Schiffe einer Spezialflotte	Seite 257 " 267
n_z	: Zusätzlich gebaute Schiffe einer Spezialflotte (gegenüber der Normalzahl n_n)	Seite 267
	- - -	
p	: (in Abschnitt 4.1 und 4.2) Brennstoffkosten in DM/t	Seite 183 " 187
p	: (in Abschnitt 4.3) Preis eines Gutes in DM/t	Seite 266
p_n	: Normalpreis eines Gutes in DM/t	Seite 256 " 259
p_1	: Sonderfall zu p_n	Seite 258
	- - -	
R	: Bruttoregistertonnage eines Schiffes in BRT	Seite 179
R_D	: Deadweighttonnage all told (Bruttotragfähigkeit in Tonnen (t) zu 1ooo kg)	Seite 179
R_V	: Vorratsgewicht (Brennstoffe, Proviant usw.)	Seite 179
R_N	: Deadweighttonnage for cargo only (Nettotragfähigkeit in Tonnen (t) zu 1ooo kg) $R_N = R_D - R_V$	Seite 183
r_N	= R_N/R (Netto- bzw. Nutztragfähigkeit je BRT eines Schiffes)	Seite 185 " 2o3
r_{Pg}	: Gewicht der Passagiereinrichtungen je Passagier und BRT eines Schiffes	Seite 2o3 Seite 2o9
r_{Pr}	: Raumbedarf je Passagier und BRT eines Schiffes	Seite 204 " 209
r_{NF}	: Für Frachtgut verbleibende Nutztragfähigkeit bei kombinierten Schiffen (je BRT)	Seite 2o3

S	: Die während des Bezugszeitraums (T_o) von einem Schiff zurückgelegte Strecke in km	Seite 179
s	: (in Abschnitt 4.1 und 4.2) Fahrstrecke in km	Seite 18o " 187 " 192
s	: (in Abschnitt 4.3) Entfernung Import-land - Exportland	Seite 256 " 259
s^+	: Korrekturwert, der die Aufhebung der ansonsten bestehenden Proportionalität zwischen Fahrstrecke der Einzelreise (s) und Gewicht der bei Antritt der Reise einzunehmenden Vorräte (R_V) für den Fall von Zwischenbunkerungen usw. berücksichtigt	Seite 18o " 187
$\bar{s}$	: Durchschnittliche Fahrstrecke einer Einzelreise in km	Seite 182
$\bar{s}^+$	: Durchschnittswert von s^+	Seite 182

- - -

T_o T_F T_H T_R	T_o ist der Bezugszeitraum für die Berechnung der je Tonnenkilometer erbringbarer Kapazität entstehenden Kosten (T_o = 1 Jahr = 8760 h). T_R ist die Reisezeit des Schiffes innerhalb dieses Bezugszeitraums (T_o abzüglich Zeit für Überholung und Reparatur des Schiffes). Die Reisezeit T_R gliedert sich in die Hafenaufenthaltszeit (T_H) und die reine Fahrzeit (T_F), gegebenenfalls weiterhin in die Auflegezeit des Schiffes (Siehe bei t_F)	Seite 178
t_F	: Reine Fahrzeit einer Einzelreise in Stunden	Seite 179
T	: Dauer einer Konjunkturperiode	Seite 255 " 259
t	: Zeit als Koordinatenwert innerhalb des Konjunkturablaufes (Siehe bei T)	Seite 255 " 259

- - -

u	: Abkürzung für mathem. Ausdruck, siehe	Seite 233

- - -

v	: Schiffsgeschwindigkeit während der reinen Fahrzeit (T_F) in km/h	Seite 179 " 187 " 192
v_o	: Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich der Kosten (c). (v_o ist die Geschwindigkeit, bei der die Kosten c ein Minimum aufweisen)	Seite 194 " 216 " 223

v_g : Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich des Gewinns (g).(Diejenige Geschwindigkeit, bei der der Gewinn unter den gegebenen Voraussetzungen ein Maximum erreicht) — Seite 216, " 223, " 247

v_{og} : entspricht v_g, wird bei der Optimierungsbetrachtung v_g statt v_g benutzt — Seite 223, " 247, " 251

- - -

z : Passagierkapazität je BRT eines Schiffes — Seite 2o3, " 2o9

z_o : Optimale Passagierkapazität je BRT eines Schiffes (Tragfähigkeit und Schiffsraum sind gleichmässig gut ausgenutzt) — Seite 2o4

- - -

α : Proportionalitätsfaktor betreffend Zins- und Amortisationskosten — Seite 183, " 185, " 187, " 196, " 241

β : Proportionalitätsfaktor betreffend Besatzungskosten — Seite 183, " 185, " 187, " 196, " 241

γ : Proportionalitätsfaktor betreffend Brennstoffkosten — Seite 183, " 185, " 187, " 196, " 241

γ_F : Spezifisches Gewicht von Frachtgütern — Seite 2o4, " 2o9

δ : Proportionalitätsfaktor betreffend Hafenkosten — Seite 183, " 185, " 187, " 196, " 241

ε : Proportionalitätsfaktor betreffend Verwaltungskosten — Seite 184, " 185, " 187, " 196, " 241

φ_1 : Ladegrad (Genutzte Tragfähigkeit bezogen auf nutzbare Tragfähigkeit)(λ_1 hat die gleiche Bedeutung, bezieht sich jedoch auf die Annahmen für die Passagierberechnung) — Seite 217, " 25o, " 266

φ_f : Beschäftigungsgrad (Verhältnis der tatsächlichen reinen Fahrzeit zur möglichen reinen Fahrzeit - Siehe bei T_f - Die tatsächliche Fahrzeit ist dabei gleich der möglichen Fahrzeit abzüglich der Aufliegezeit) — Seite 218

φ_v : Geschwindigkeitsgrad (Verhältnis der tatsächlichen Geschwindigkeit zur Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich der Kosten) — Seite 219, " 234, " 25o

$\varphi = \varphi_f \cdot \varphi_l \cdot \varphi_v$ — Seite 22o

φ_{ln} : Normalgrösse von φ_l — Seite 257, " 259

φ_{l1} : Sonderfall zu φ_{ln} — Seite 257, " 259

$\varphi_{lv} = \varphi_l \cdot \varphi_v$ — Seite 243, " 25o

φ_{vo} : Optimalwert von φ_v (hinsichtlich Kosten) — Seite 244

$\varphi_{vg} = \varphi_{vog}$: Optimalwert von φ_v (hinsichtlich Gewinn (Siehe v_{og} und v_g) — Seite 244, " 251

$\varkappa$: Exponent betreffend die Unproportionalität von Jahreskosten und Ladegrad — Seite 217, " 252

λ_l : Ladegrad (Verhältnis der ausgenutzten zur ausnutzbaren Tragfähigkeit) Siehe auch bei φ_l — Seite 199, " 2o1

μ : Proportionalitätsfaktor betreffend Vorratsbedarf (Siehe auch bei R_v) — Seite 179, " 185, " 187, " 196, " 198, " 241

$\nu = R_D/R$ (Siehe bei R_D und R) — Seite 179, " 187

ν^* : Abkürzung für einen mathematischen Ausdruck — Seite 2o3

ν_o^* : Abkürzung für einen mathematischen Ausdruck — Seite 217, " 225, " 252

$\psi = T_R/T_o$ (Siehe bei T_R und T_o) — Seite 178, " 187

σ : Proportionalitätsfaktor betreffend die Aufliegekosten — Seite 219

$\tau = T_H/T_R$ (Siehe bei T_H und T_R) — Seite 178, " 187

Erläuterungen zu Abschnitt 4.)

Zu Seite 181 ff.; Bestimmung von s^+

Seite 181 Beispiel a)

Für jeden Reiseabschnitt (i) wird an Vorratsgewicht benötigt

$$R_{vi} = \{\mu R^{2/3} v^2 s\} \frac{s_i}{s} = \mu R^{2/3} v^2 s_i$$

Die während des Reiseabschnitts Nr. i dafür aufgebrachte Transportleistung ist gleich dem Vorratsgewicht R_{vi} mal der im betreffenden Zeitabschnitt zurückgelegten Strecke, also gleich

$$R_{vi} \cdot s_i = [\mu R^{2/3} v^2 s_i] \cdot s_i = \mu R^{2/3} v^2 s_i^2$$

Die für die gesamte Reise für die Vorräte aufgebrachte Transportleistung ist $\mu \sum_{i=1}^{i=r} R^{2/3} v^2 s_i^2 = \mu R^{2/3} v^2 \sum_{i=1}^{i=r} s_i^2$

Wäre die Fahrt ohne Zwischenbunkerungen vor sich gegangen (Normalfall), so hätte man als Vorratsgewicht benötigt

$$R_v = \mu R^{2/3} v^2 s$$

und die Transportleistung hierfür wäre gleich Vorratsgewicht mal Transportstrecke, also gleich $R_v \cdot s$ gewesen.
Der Faktor s^+ ist gleich dem Verhältnis der tatsächlich erhaltenen Werte $\Sigma R_{vi} \cdot s_i$ zu den Werten des Normalfalls $(R_v \cdot s)$:

$$s^+ = \frac{\mu R^{2/3} v^2 \Sigma s_i^2}{\mu R^{2/3} v^2 s^2} = \frac{1}{s^2} \sum_{i=1}^{i=r} (s_i)^2$$

Die Transportleistung für Vorräte, also beispielsweise $R_{vi} \cdot s$ für den Abschnitt Nr. i wird übrigens nicht in dem Sinne aufgebracht, dass sie tatsächlich in Anspruch genommen würde; im Zuge jedes Reiseabschnitts wird nämlich das Vorratsgewicht vom Maximalwert bei Beginn des Reiseabschnitts an laufend verringert. Die hier vorausgesetzten Bedingungen erlauben jedoch nicht, diese Verringerung nutzbringend, d.h. durch zusätzliche Frachtübernahmen zwischen den Bunkerungen auszunutzen. Die Beschränkung, wie sie zu Beginn jedes Reiseabschnitts wegen des Vorhandenseins von Vorräten besteht, wirkt sich auf die volle Länge dieses Reiseabschnitts aus.

Zu Seite 181 Fall b)

Für den Transport der Vorräte muss nur ein so grosser Teil der Tragfähigkeit reserviert werden, wie zu Anfang des Reiseabschnitts mit der weitesten zurückzulegenden Strecke (s_{max}) benötigt. Dieser Wert ist gleich $(\mu R^{2/3} v^2 s_{max})$ und im Vergleich zum Normalfall ergibt sich:

$$s^* = \frac{\mu R^{2/3} v^2 s_{max}}{\mu R^{2/3} v^2 s} = \frac{s_{max}}{s}$$

Zu Seite 181 Fall c)

Wir gehen davon aus, dass während der Reise keine Zwischenbunkerungen, wohl aber Frachtübernahmen möglich sind. Die Reiseabschnitte für diesen Fall werden mit s_k bezeichnet. Hat das Schiff den ersten Reiseabschnitt (k=1) zurückgelegt, so hat sich das Vorratsgewicht von

$\mu R^{2/3} v^2 s$ auf den Wert $[\mu R^{2/3} v^2 s] \frac{s-s_1}{s}$ verringert. Die Differenz dieser Vorratsgewichtwerte, nämlich $\mu R^{2/3} v^2 s_1$ steht also für den Rest der zurückzulegenden Reisestrecke, nämlich $(s - s_1)$, zusätzlich zur Verfügung. Während des k-ten Reiseabschnitts verringert sich das Vorratsgewicht von

$\mu R^{2/3} v^2 s \frac{s-(s_1+s_2+s_3 \ldots +s_{k-1})}{s}$ aus

um den Wert $\mu R^{2/3} v^2 s_k$, diese Verringerung macht sich wiederum für den Rest der dann noch zurückzulegenden Reisestrecke, nämlich für die Strecke $[s-(s_1+s_2+s_3 \ldots +s_k)]$ in Gestalt einer Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit für Frachtgüter bemerkbar. Insgesamt ist die während der Reise auftretende Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit gleich

$$\mu R^{2/3} v^2 [s_1(s-s_1)+s_2(s-s_1-s_2)+s_3(s-s_1-s_2-s_3)\ldots \ldots +s_k(s-s_1-s_2-s_3 \ldots -s_k)\ldots]$$

Von der im Normalfall für den Transport der Vorräte in Anspruch genommenen Transportleistung $\mu R^{2/3} v^2 s^2$ muss also der obige Ausdruck abgezogen werden, so dass sich resultierend die tatsächlich für den Transport der Vorräte erforderliche Transportleistung ergibt

$$\mu R^{2/3} v^2 [s^2 - s_1(s-s_1) - s_2(s-s_1-s_2) - s_3(s-s_1-s_2-s_3) \ldots - s_k(s-s_1-s_2-s_3 \ldots s_k) \ldots]$$

Setzt man diesen Wert ins Verhältnis zu der im Normalfall

benötigten Transportleistung $\mu R^{2/3} v^2 s^2$, so ergibt sich

$$s^* = \frac{\mu R^{2/3} v^2 [s^2 - s_1(s - s_1) - s_2(s - s_1 - s_2) - s_3(s - s_1 - s_2 - s_3) \ldots}{\mu R^{2/3} v^2 s^2}$$

Setzt man jetzt voraus, dass auf der Reise einigemal zwischengebunkert wird und bezeichnet man die Teilstrecke Nr. i zwischen zwei Bunkerungen mit s_i, dagegen die innerhalb der Teilstrecke s_i gefahrenen Strecken zwischen Frachtübernahmen mit s_{i1}, s_{i2}, $s_{i3} \cdots s_{ik} \cdots$, so wird für den i-ten Abschnitt folgende Transportleistung für Vorräte benötigt

$$\mu R^{2/3} v^2 [s_i^2 - s_{i1}(s_i - s_{i1}) - s_{i2}(s_i - s_{i1} - s_{i2}) - s_{i3}(s_i - s_{i1} - s_{i2} - s_{i3}) \ldots]$$

Für alle i Abschnitte ist dann die Transportleistung

$$\mu R^{2/3} v^2 \sum_{i=1}^{i=r} [s_i^2 - s_{i1}(s_i - s_{i1}) - s_{i2}(s_i - s_{i1} - s_{i2}) - s_{i3}(s_i - s_{i1} - s_{i2} - s_{i3}) \ldots]$$

und im Verhältnis zur normalen Transportleistung für Vorräte ergibt sich: $s^* = \frac{\mu R^{2/3} v^2}{\mu R^{2/3} v^2 s^2} \sum_{i=1}^{i=r} [s_i^2 - s_{i1}(s_i - s_{i1}) - s_{i2}(s_i - s_{i1} - s_{i2}) - s_{i3}(s_i - s_{i1} - s_{i2} - s_{i3}) \ldots]$

$$s^* = \frac{1}{s^2} \sum_{i=1}^{i=r} [s_i^2 - s_{i1}(s_i - s_{i1}) - s_{i2}(s_i - s_{i1} - s_{i2}) - s_{i3}(s_i - s_{i1} - s_{i2} - s_{i3}) \ldots]$$

Zu Seite 1ss Fall 1)

Für diesen Grenzfall kann man wiederum davon ausgehen, dass das Vorratsgewicht zu Beginn des i-ten Reiseabschnitts $R_{vAi} = \mu R^{2/3} v^2 s_i$ und zu Ende dieses Abschnitts $R_{vEi} = 0$ ist. Während des i-ten Reiseabschnitts ist also das mittlere Vorratsgewicht $R_{vi} = \frac{1}{2} \mu R^{2/3} v^2 s_i$. Dies ist massgebend für die Dauer dieses Reiseabschnitts, also für die Strecke s_i, so dass die Transportleistung für Vorratsgewichte für diesen Abschnitt

$$(\frac{1}{2} \mu R^{2/3} s_i) \cdot s_i = \frac{1}{2} \mu R^{2/3} s_i^2 \quad \text{ist.}$$

Die Summe der Transportleistungen ist wieder

$$\sum_{i=1}^{i=r} \frac{1}{2} \mu R^{2/3} s_i^2$$

und im Verhältnis zur normalen Transportarbeit ergibt sich:

$$s^* = \frac{1/2 \mu R^{2/3} \Sigma s_i^2}{\mu R^{2/3} v^2 s^2} = \frac{1}{2s^2} \sum_{i=1}^{i=r} s_i^2$$

Es ist noch anzumerken, dass die obige Mittelwertsbildung aus dem Vorratsgewicht zu Anfang und Ende des Reiseabschnitts zwar zum richtigen Ergebnis führt, aber noch nicht korrekt begründet wurde. Streng genommen müsste man von Fall c) ausgehen, für den ja für die Transportleistung für den i-ten Abschnitt galt

$$\mu R^{2/3} v^2 [s_i^2 - s_{i1}(s_i - s_{i1}) - s_{i2}(s_i - s_{i1} - s_{i2}) \ldots]$$

Bezeichnet man die während des i-ten Reiseabschnitts vorgenommenen Frachtübernahmen mit k, wobei also der i-te Abschnitt (i bezogen auf Bunkerungen) in k Unterabschnitte (k bezogen auf Frachtübernahmen) zerfällt, so kann man allgemeiner die insgesamt aufgewandte Transportarbeit für die gesamte Reise so darstellen $\mu R^{2/3} v^2 \sum_{i=1}^{i=z} [s_i^2 - s_{i1}(s_i - s_{i1}) - s_{i2}(s_i - s_{i1} - s_{i2}) \ldots]$

oder $\mu R^{2/3} v^2 \sum_{i=1}^{i=z} \left\langle s_i^2 - \sum_{k=1}^{k=v} [s_{ik}(s_i - \sum_{k=1}^{k=v} s_{ik})] \right\rangle$

Das ist gleich $\mu R^{2/3} v^2 \sum_{i=1}^{i=z} \langle s_i^2 \rangle - \mu R^{2/3} v^2 \sum_{i=1}^{i=z} \sum_{k=1}^{k=v} \langle s_{ik} s_i - s_{ik} \sum_{k=1}^{k=v} s_{ik} \rangle$

oder gleich $\mu R^{2/3} v^2 \sum_i \langle s_i^2 \rangle - \mu R^{2/3} v^2 \sum_i \sum_k \langle s_{ik} s_i \rangle + \mu R^{2/3} v^2 \sum_i \sum_k \langle s_{ik} \sum_{k=1}^{k=v} s_{ik} \rangle$

Nun ist $\sum_{k=1}^{k=v} \langle s_{ik} s_i \rangle = s_i^2$

folglich heben sich die ersten beiden Glieder des obigen Ausdrucks auf und es bleibt $\mu R^{2/3} v^2 \sum_i \sum_k \langle s_{ik} \sum_{k=1}^{k=v} s_{ik} \rangle$

Statt der bei c) angegebenen Lösung kann man also die gleichbedeutende Lösung $s^* = \frac{\mu R^{2/3} v^2 \sum \sum \langle s_{ik} \sum s_{ik} \rangle}{\mu R^{2/3} v^2 s^2} = \frac{1}{s^2} \sum_{i=1}^{i=z} \sum_{k=1}^{k=v} \langle s_{ik} \sum_{k=1}^{k=v} s_{ik} \rangle$

einsetzen. Geht man nun zu der infinitesimalen Betrachtung des Falles **d**) über, so wird, wenn man mit Y die im i-ten Abschnitt zurückgelegte Strecke bezeichnet, daraus

$$s^* = \frac{1}{s^2} \sum_{i=1}^{i=z} \int_{y=0}^{y=s_i} (dy \cdot y) = \frac{1}{s^2} \sum_{i=1}^{i=z} \frac{s_i^2}{2} = \frac{1}{2s^2} \sum_{i=1}^{i=z} s_i^2$$

Zu Seite 182, Ermittlung von $\bar{s}^+$

Die Formel auf Seite 182, fünfte Zeile von unten, erhält man aus folgender Überlegung: Die Transportarbeit für Vorräte bei der k-ten Reise (k bezeichnet jetzt Reisen und nicht wie vorher Reiseabschnitte!) ist $(\mu R^{2/3} v^2 s_k s_k^*) \cdot s_k = \mu R^{2/3} v^2 s_k^2 s_k^*$ und für die gesamten Reisen des Jahres $\mu R^{2/3} v^2 \sum_k s_k^2 s_k^*$

Bei einer durchschnittlichen Reiselänge $\bar{s} = S/n$ und einem (zunächst noch unbekannten) Durchschnittswert $\bar{s}^+$ ist für eine "Durchschnittsreise" die Transportleistung für Vorräte gleich $(\mu R^{2/3} v^2 \bar{s} \bar{s}^*) \cdot \bar{s} = \mu R^{2/3} v^2 \bar{s}^2 \bar{s}^*$ und für die n Reisen des Jahres $n(\mu R^{2/3} v^2 \bar{s}^2 \bar{s}^*$. Setzt man $\mu R^{2/3} v^2 \sum_{k=1}^{k=n} s_k^2 s_k^* = n \mu R^{2/3} v^2 \bar{s}^2 \bar{s}^*$ und löst nach $\bar{s}^+$ auf, so erhält man die angegebene Beziehung:

$$\bar{s}^* = \frac{1}{n \bar{s}^2} \sum_{k=1}^{k=n} s_k^2 s_k^* = \frac{n}{S^2} \sum_{k=1}^{k=n} (s_k^2 s_k^*)$$

Zu Seite 183; Bestimmung der Jahresbrennstoffkosten

Diese wachsen proportional mit den Werten ψ und $(1-\tau)$, wie das aus der Definition dieser Werte (Seite 178) hervorgeht, weiterhin sind sie proportional dem Brennstoffpreis (wenn dieser also beispielsweise auf das Doppelte wächst, werden sich auch die Brennstoffkosten verdoppeln) und schliesslich sind sie proportional dem Wert γ (Siehe Seite 185). Die Abhängigkeit der Brennstoffkosten von der Schiffsgrösse und Schiffsgeschwindigkeit wurde durch die Faktoren $R^{2/3}$ und v^3 ausgedrückt, womit sich die angegebene Beziehung $J_\gamma = \gamma R^{2/3} \rho v \psi (1-\tau)$ ergibt. Der Ansatz, nach dem die Kosten proportional der dritten Potenz der Schiffsgeschwindigkeit sind, beruht auf der allgemein benutzten Beziehung $K = \frac{1}{2} c_w \rho v^2 F_s$, wobei K die auf einen Körper auszuübende Kraft ist, die benötigt wird, wenn dieser in einer realen Flüssigkeit mit der gleichförmigen Geschwindigkeit v bewegt werden soll. c_w ist dabei ein Beiwert, der die Form des bewegten Körpers berücksichtigt, ρ die spezifische Masse der Flüssigkeit und F_s die sogenannte Schattenfläche, das ist im Beispiel des Schiffes die Fläche des grösstmöglichen Querschnitts durch das Schiff (Vgl. z.B. Gerthsen, Physik, 4.Aufl., Berlin, Göttingen, Heidelberg 1956, Seite 81 ff. - Szabo, Einführung in die Technische Mechanik, 2.Aufl., Berlin, Göttingen, Heidelberg 1956, Seite 252 ff.- Henschke, Schiffbautechnisches Handbuch, Verlag VEB Technik, Berlin, erscheint periodisch - und andere Autoren).

Die Leistung bei Bewegung eines Körpers mit der Geschwindigkeit v ist, wenn dabei die Kraft K aufgewandt werden muss,

$$N = K \cdot v = \frac{1}{2} c_w \rho F_s \cdot v^3$$

Die Leistung und demnach auch der Brennstoffverbrauch je Zeiteinheit ist also proportional zu v^3, wie wir das in der Formel für J_γ angenommen haben. Die Abhängigkeit des Brennstoffverbrauchs von der Schiffsgrösse wird im allgemeinen auf Grund von ähnlichkeitstheoretischen Überlegungen und praktischen Versuchen als lineare Funktion der Schiffslänge angenommen, wobei andererseits die Schiffslänge etwa proportional zu $R^{2/3}$ ist. Nach diesen Voraussetzungen ergibt sich die angegebene Formel für J_γ.

Zu Seite 254 ff. Frachtpreistheorie

Für die Behandlung konjunkturtheoretischer Probleme, wie sie bei der Darstellung der Frachtpreistheorie, Seite 254 ff. dieser Arbeit auftreten, können die von der Kybernetik und speziell von der theoretischen Regeltechnik entwickelten Hilfsmittel benutzt werden, soweit die Ausgangsverhältnisse, d.h. die grundlegenden funktionalen Abhängigkeiten sich in einer für die regeltechnische Verarbeitung geeigneten Weise quantifizieren lassen. Nach den Erfahrungen, die nach den ersten Versuchen zur Übertragung regeltechnischer Methoden auf wirtschaftstheoretische Probleme vorliegen, ist diese Übertragung nur sehr schwer möglich, da meist für einen oder mehrere Zusammenhänge die erforderliche geeignete Quantifizierung nicht oder nur mit groben Vereinfachungen möglich ist und damit bei der mathematischen Wiedergabe des aus der Verknüpfung von Einzelbeziehungen aufgebauten Gesamtzusammenhangs unübersehbare Unsicherheiten entstehen.
Weiterhin ist für das Verständnis von regeltechnischen Methoden - auch für die Ieser entsprechender Abhandlungen - eine detaillierte Kenntnis dieses umfangeichen und schwierigen Wissenschaftsgebiets erforderlich, der Zeitaufwand für eine Erarbeitung der entsprechenden Kenntnisse ist nach Meinung des Autors für eine Arbeit der vorliegenden Art unverhältnismässig hoch und daher dem Ieser nicht zumutbar.
Aus diesen Gründen wurden in den Ausführungen über die Frachtpreistheorie nur einfache Hilfsmittel benutzt und es wurde auf die größere Geschlossenheit und Vollständigkeit verzichtet, die unter Einbeziehung regeltechnischer Methoden wenigstens für einen Teil der Untersuchungen möglich gewesen wäre.

Iiteratur

W. Oppelt, Kleines Handbuch Technischer Regelvorgänge, Verlag Chemie Gmbh., Weinheim/Bergstraße
- wird alle 2 bis 3 Jahre neu aufgelegt und enthält ein umfangreiches Iiteraturverzeichnis.

Verzeichnis der Schaubilder

1.) Die deutsche Handelsflotte in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts... Seite 93

2.) Welthandelsvolumen, Welthandelstonnage und Frachtenindex von 1905 bis 1938... Seite 106

3.) Frachtenindex 1949 bis 1959; Welthandelsvolumen und Welthandelstonnage von 1890 bis 1960... Seite 153

4.) Welthandelstonnage und deutsche Tonnage; die Anteile einiger Länder 1900 bis 1960... Seite 154

5.) Schematische Darstellung der Tragfähigkeits- und Raumausnutzung bei Schiffen... Seite 174

6.) Kosten je erbringbaren Tonnenkilometer abhängig von der BR-Tonnage; Kosten bei Passagier- und bei Frachtschiffen... Seite 195

7.) Kosten je Tonnenkilometer bei Frachtschiffen, kombinierten Schiffen und Passagierschiffen... Seite 211

8.) Kosten bei verschiedenen Geschwindigkeiten (Schematisch)... Seite 214

9.) Gewinn in Abhängigkeit vom Ladegrad... Seite 218

10.) Gewinn je BRT und Jahr für ein Frachtschiff bei $phi_f = 1$... Seite 228

11.) Gewinn je BRT und Jahr für ein Frachtschiff bei $phi_f = 0{,}6$... Seite 229

12.) Darstellung von Einzelbeispielen zu Schaubild 10 und 11. Seite 230

13.) Auflegekriterien... Seite 237

14.) Optimalgeschwindigkeit hinsichtlich des Gewinns... Seite 247

15.) Frachtsatz und Gewinn abhängig vom Ladegrad... Seite 261

16.) Entwicklung verschiedener Werte abhängig von der Konjunkturentwicklung... Seite 272

Verzeichnis der Tabellen

1.) Schiffspartenbesitz der Fa. Berenberg 175o bis 1763... Seite 41

2.) Aufgliederung der deutschen Handelsflotte 19o6 nach Heimathäfen... Seite 69

3.) Leistungsfähigkeit der Flotten verschiedener Länder... Seite 7o

4.) Segelschiffsbestand verschiedener Reedereien in Hamburg 184o bis 187o... Seite 8o

5.) Schiffsbestand der Hapag und der Reederei Sloman 1848 bis 1855... Seite 84

6.) Ein- und Ausfuhr 1894 bis 1898... Seite 94

7.) Auswanderung von Hamburg und Bremen 1832 bis 19oo... Seite 94

8.) Die grössten deutschen Reedereien 1913... Seite 96

9.) Auszahlungsplan für Kriegsverlustentschädigungen (1. Weltkr.)... Seite 97

1o.) Tabelle zu Schaubild 2 . Seite 1o5

11.) Die betriebliche Organisation der wichtigsten Handelsflotten der Welt 1935/36...Seite 115

12.) Schiffahrt und Subventionen... Seite 115

13.) Anteile an der Welthandelsflotte in Prozent 1913/14... Seite 136

14.) Anteile an der Welthandelsflotte 1959 und Verhältnis gegenüber dem Anteil von 1913/14... Seite 136

15.) Anteile an der Welthandelsflotte 1958 und 1959...Seite 15o

16.) Altersgliederung der Welthandelsflotte 1959... Seite 15o

17.) Schiffszugänge 1946 bis 1958... Seite 152

18.) Grösse der deutschen Handelsflotte und Anteil an der Weltflotte (zu Schaubild 4)... Seite 155

19.) Die mögliche Grösse der deutschen Handelsflotte unter verschiedenen Voraussetzungen... Seite 156

2o.) Exportvolumen Westdeutschland/Welt 195o bis 1958. Seite 157

21.) Industrieller Produktionsindex Westdeutschland/Welt 195o bis 1958... Seite 157

22.) Beschäftigungsbereiche der deutschen Tonnage 1939 - 1959 - 1961... Seite 162

23.) Altersgliederung der deutschen Tonnage 1961... Seite 165

24.) Gliederung der deutschen Tonnage nach Grössenklassen... Seite 166

25.) Tabelle zu Schaubild 6 . Seite 188

26.) Absolute und prozentuale Kostensenkung bei Vergrösserung der Schiffe... Seite 189

27.) Kostensenkung bei verschiedenen Schiffsgrössen und Brennstoffpreisen... Seite 19o

28.) Tabelle zu Schaubild 6 Seite 193
29.) Tabelle zu Schaubild 7 Seite 21o
3o.) Tabelle zu Schaubild 9 Seite 218
31.) Tabelle zu Schaubild 1o, 11 und 12 Seite 226
32.) Tabelle zu Schaubild 13 Seite 236
33.) Tabelle zu Schaubild 14 Seite 248
34.) Tabelle zu Schaubild 15 Seite 259
35.) Tabelle zu Schaubild 15 Seite 264
36.) Tabelle zu Schaubild 16 Seite 27o

L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s I

lit 1: Baasch, Ernst: Die Börtfahrt zwischen Hamburg, Bremen und Holland.-
lit 2: - - , S.4 u. 5
lit 3: - - , S. 3o ff.
lit 4: - - , S. 35

lit 5: Baasch, Ernst: Die Islandfahrt der Deutschen.-
lit 6: - - , S. 8
lit 7: - - , S. 21
lit 8: - - , S. 37
lit 9: - - , S. 49
lit 1o: - - , S. 99-1o1
lit 11: - - , S.116
lit 12: - - , S.1o2

lit 13: Beutin, Ludwig: Bremen und Amerika, S.282.- Bremen 1953.-
lit 14: - - , S.27 ff., S.139 ff., S.2o3 u.a.
lit 15: - - , S.47 ff.
lit 16: - - , S.79 ff.
lit 17: - - , S.41

lit 18: Bohner, Theodor: Der deutsche Kaufmann über See. 1oo Jahre deutscher Handel in der Welt, S.7o ff.- Berlin 1939.-
lit 19: - - , S.73
lit 2o: - - , S.75
lit 21: - - , S.9o

lit 22: Bremen Heute. Sonderheft der Bremer Bürgerzeitung 1959/6o, S.13

lit 23: Deutsche Verkehrs-Zeitung, Hamburg: Schiffslisten 5.1.1961, Nr.2, 15./61.Jg.

lit 24: Deutsches Schiffahrt- und Hafen-Jahrbuch, 55.Jg.1956.

lit 25: Eucken, W.: Verbandsbildung in der Seeschiffahrt, S.1.- München und Leipzig 1914.
lit 26: - - , S.3

lit 27: Fisser, Frank M.: Trampschiffahrt, S.64.- Bremen 1957
lit 28: - - , S.229

lit 29: Fitger, E.: Die wirtschaftliche und technische Entwicklung der Seeschiffahrt von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis auf die Gegenwart, S.28 ff.- Leipzig 19o2
lit 3o: - - , S.22
lit 31: - - , S.18

lit 32: Hansa, Zeitschrift für Schiffahrt, Schiffbau, Hafen, 93.Jg. 51/52, S.2615.- Schroedter Verlag Hamburg
lit 33: - - , 98.Jg., 2.Dez.-Heft 61 Nr.25, S.2689
lit 34: - - , 96, S.1715

lit 35: - - , 96.Jg.59, Nr.44/45, S.2263
lit 36: - - , 96.Jg., Nr.28/29, S.1392
lit 37: - - , 98.Jg., Nov.1961, Sonderheft
lit 38: - - , 98.Jg., 2.Aug.-Heft 1961, Nr.17
lit 39: - - , 98.Jg., 1.Nov.-Heft 1961, Nr.22
lit 40: - - , 98.Jg., 1.Sept.-Heft 1961, Nr.18
lit 41: - - , 98.Jg., 1.Aug.-Heft 1961, Nr.16
lit 42: - - , 98.Jg., 1.Jan.-Heft 1962, Nr.1

lit 43: Heeckt/Stender: Der Wiederaufbau der deutschen Handelsflotte, S.3.- Kiel 1954
lit 44: - - , S.1
lit 45: - - , S.
lit 46: - - , S.5o
lit 47: - - , S.42

lit 48: Helander, S.: Die internationale Schiffahrtskrise und ihre weltwirtschaftliche Bedeutung, S.67 u. 72.- Jena 1928. S.121

lit 49: Henning, R.: Abhandlung zur Geschichte der Seeschiffahrt, S.2.- Jena 1928
lit 5o: - - , S.6
lit 51: Hoever, Otto: Deutsche Seegeschichte, S.8.- Potsdam 194o
lit 52: - - , S.82

lit 53: Institut für Konjunkturforschung: Der Wettbewerb in der Seeschiffahrt, S.6.- Jena 194o
lit 54: - - , S.56
lit 55: - - , S.77
lit 56: - - , S.86
lit 57: - - , S.6, S.56, S.77 u. 86
lit 58: - - , S.126 u. 129
lit 59: - - , S.178 (S.1o4)
lit 6o: - - , S.179 (S.1o5)
lit 61: - - , dritter Teil: Der Einfluss des Staates auf die Wettbewerbsfähigkeit der Seeschiffahrt
lit 62: - - , S.193 (S.125)

lit 63: Koch, W.: Die deutsche linienschiffahrt in der Krise, S.23 ff.-
lit 64: - - , S.24
lit 65: - - , S.25
lit 66: - - , S.26
lit 67: - - , S.42
lit 68: - - , S.115
lit 69: - - , S.91

lit 7o: Mathies, O.: Hamburgs Reederei 1914-1914, S.13, Hamburg 1924
lit 71: - - , S.12
lit 72: - - , S.75 ff.
lit 73: - - , S.27 ff.
lit 74: - - , S.37 ff.
lit 75: - - , S.4o

lit 76: Mueller, Johanna: Handel und Verkehr Bremens im Mittelalter, Bd. I u. II; hier: Bd. I, S.219

Lit 77: - - , Bd. II, S.248
Lit 78: - - , Bd. II, S.27 u. 34

Lit 79: Nauticus, 3o.Jg. 1956, S.2o8.- (Erscheint jährlich).
Lit 8o: - - , S.2o7 u. 219

Lit 81: Peters, Max: Die Entwicklung der deutschen Rhederei seit Beginn dieses Jahrhunderts, Bd.1-2.- Jena 1899-19o5.

Lit 82: Priester, H.E.: Der Wiederaufbau der deutschen Handelsschiffahrt, S.5.- Berlin 1926
Lit 83: - - , S.11 u. 3o
Lit 84: - - , S.4o
Lit 85: - - , S.5o
Lit 86: - - , S.71
Lit 87: - - , S.62 ff.
Lit 88: - - , S.67 ff.
Lit 89: - - , S.118

Lit 9o: Pritzkoleit, K.: Börse, Banken, Bosse.- Verlag Kurt Desch, Wien, Mümchen, Basel 1954

Lit 91: Pritzkoleit, K.: Wem gehört Deutschland?- Verlag Kurt Desch, Wien, München, Basel 1958

Lit 92: Schiffahrtsbrief, Der-: Informationen des Verbandes Deutscher Reeder, A 1o/58, S.1o.- (erscheint periodisch).
Lit 93: - - , A 1o/58, S.11
Lit 94: - - , A 1o/58, S.12
Lit 95: - - , Nr.1/1961

Lit 96: Schramm, P.E.: Kaufleute zu Haus und über See.- Hamburg 1949.
Lit 97: - - , S.85 ff.
Lit 98: - - , S.88
Lit 99: - - , S.9o
Lit 1oo: - - , S.1o2
Lit 1o1: - - , S.1o3
Lit 1o2: - - , S.119 ff.
Lit 1o3: - - , S.142 ff.
Lit 1o4: - - , S.149
Lit 1o5: - - , S.154
Lit 1o6: - - , S.246 ff.
Lit 1o7: - - , S.248
Lit 1o8: - - , S.251
Lit 1o9: - - , S.253
Lit 11o: - - , S.258
Lit 111: - - , S.5o3 u. 394

Lit 112: "Seeschiffahrt", Artikel im "Handwörterbuch der Sozialwissenschaften", S.191.

Lit 113: Smith, Adam: An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. Vol.2, S.46.- London 1776; auch zit. in Lit 44

Lit 114: Strieder: Levantinische Handelsfahrt deutscher Kaufleute des 16. Jahrhunderts, S.8 ff.- Berlin 1919

Lit 115: Svendsen: Seeverkehr und Seeschiffahrtswirtschaft, S.19o ff.- Bremen 1958 (Weltschiffahrtsarchiv Bd.5).
Lit 116: - - , S.42
Lit 117: - - , S.
Lit 118: - - , S.188
Lit 119: - - , S.
Lit 12o: - - , S.
Lit 121: - - , S.

Lit 122: Tanker Directory of the World, Ausg.196o, S.73

Lit 123: Theel, G.A.: Die Politik im Wettbewerb der Seeschiffahrt, S.523
Lit 124: - - , S.524; auch zit. in Lit 27

Lit 125: Thiess, K.: Deutsche Schiffahrt und Schiffahrtspolitik der Gegenwart, S.3 ff.- Leipzig 19o7
Lit 126: - - , S.4
Lit 127: - - , S.5
Lit 128: - - , S.9
Lit 129: - - , S.1o
Lit 13o: - - , S.13 u.14
Lit 131: - - , S.29
Lit 132: - - , S.19 ff.
Lit 133: - - , S.32
Lit 134: - - , S.39
Lit 135: - - , S.46 ff.

Lit 136: Vogel, W.: Geschichte der deutschen Seeschiffahrt, S.22, S.25.- Berlin 1915.
Lit 137: - - , S.36
Lit 138: - - , S.41
Lit 139: - - , S.48
Lit 14o: - - , S.64
Lit 141: - - , S.42 ff.
Lit 142: - - , S.49 ff.
Lit 143: - - , S.1o3 ff.
Lit 144: - - , S.136
Lit 145: - - , S.1o3
Lit 146: - - , S.36o ff.
Lit 147: - - , S.383
Lit 148: - - , Vorwort

Lit 149: Waetgen, H.: Aus der Frühzeit des Nordatlantikverkehrs.- Leipzig 1932.

Lit 15o: Weserlotse, Zeitschrift für Schiffahrt und Hafen, Bremen, 8.Jg., Nr.12, S.4

Lit 151: Wiedenfeld, K.: Die nordwesteuropäischen Welthäfen in ihrer Verkehrs- und Handelsbedeutung.- Berlin 19o3

Lit 152: Wiedenfeld, K.: Hamburg als Welthafen.- Dresden 19o6

Lit 153: Zechlin, Egmont: Maritime Weltgeschichte (Altertum und Mittelalter), S.231.- Hamburg 1947
Lit 154: - - , S.37 ff.
Lit 155: - - , S.43 ff.
Lit 156: - - , S.287

Zusammenfassung

Die Arbeit geht von einer ziemlich umfangreichen Darstellung der Entwicklungsgeschichte des deutschen Reedereiwesens aus, hierbei ergibt sich eine Unterteilung in 4 grosse Zeitabschnitte (1. bis zur Hansezeit; 2. bis ca 1800; 3. bis zum ersten Weltkrieg und 4. bis heute).
Innerhalb dieser grossen Einteilung wird jeweils für kleinere Zeiträume ein allgemein seeschiffahrtsgeschichtlicher Überblick gegeben, es werden die speziell für das Reedereiwesen kennzeichnenden Umstände sowie zeitgenössische und heutige Meinungen und Zitate aufgeführt, schliesslich wird dann jeweils der Versuch zur Herausarbeitung des Entwicklungsstandes und der Entwicklungslinie des Reedereiwesens sowie zur Verdichtung der gewonnenen Anschauungen in einer knappen Formel unternommen.
Als Abschluss des historischen Teils der Arbeit wird - als Extrakt der vorhergehenden Ausführungen - ein Entwicklungsschema des Reedereiwesens gegeben.

Die Darstellung der heutigen Verhältnisse des Reedereiwesens wird durch eine Untersuchung der internationalen Seeschiffahrt eingeleitet, in der auch die aktuellen Fragen (Tonnageüberfluss, Protektionismus, Diskriminierung, Ungleichheit der Wettbewerbsbedingungen, Massnahmen zur Stabilisierung der Frachtraten usw.) kritisch behandelt werden; anschliessend folgt ein Situationsbericht über das deutsche Reedereiwesen, in dem umfangreiches statistisches Material verarbeitet wurde und in dem die vorher angeschnittenen Fragen aus deutscher Sicht betrachtet werden.

Der letzte Teil der Arbeit bemüht sich um eine theoretische Untermauerung der allgemein (d.h. auch in den vorigen Teilen der vorliegenden Arbeit) akzeptierten Wirtschaftsregeln hinsichtlich der Seeschiffahrt als Marktpartner; darüber hinaus soll mit diesem Teil der Arbeit ein Ansatz für eine systematische wirtschaftstheoretische Behandlung der Seeschiffahrt gegeben werden.

Die beim Seeschiffahrtsbetrieb entstehenden Kosten, der Gewinn und das Einspielen der Frachtpreise werden mit Hilfe von Näherungen und Variation der Voraussetzungen untersucht und die Funktionalbeziehungen der relevanten Faktoren werden nach Möglichkeit in geschlossener mathematischer Form wiedergegeben bzw. werden Verfahren zur schrittweisen Erarbeitung dieser Beziehungen mit Beispielen angegeben; im Verlauf dieser Untersuchungen ergeben sich Hinweise zu den verschiedensten seeschiffahrtswirtschaftlichen Einzelfragen (Auflegekriterien, optimale Passagierzahlen bei kombinierten Schiffen usw.).

Lebenslauf

Am 29. Juni 1932 wurde ich in Krefeld geboren.
Mein Vater war Beamter der Deutschen Reichsbahn bzw. später der Deutschen Bundesbahn.

Am 1. März 1953 erhielt ich das Reifezeugnis des Fichte-Gymnasiums in Krefeld. Nach halbjähriger Praktikantentätigkeit studierte ich vom Sommersemester 1953/54 an Maschinenbau an der Technischen Hochschule in Aachen und schloss dieses Studium zu Beginn des Jahres 1959 mit dem Diplom-Hauptexamen ab. Während dieser Studienzeit hörte ich zwei Semester wirtschaftswissenschaftliche Vorlesungen im Hinblick auf die damals geplante, später jedoch verschobene Einführung eines Studienzweiges für Wirtschaftsingenieurwesen.

Zum Sommersemester 1959 wurde ich an der Hochschule für Sozialwissenschaften in Wilhelmshaven immatrikuliert und absolvierte dort ein vom Senat dieser Hochschule bei der Zulassung als Doktorand auferlegtes dreisemestriges Zusatzstudium, der von Herrn Prof. D. Dr. S. Wendt angeregte vorliegende Dissertationsentwurf entstand im wesentlichen nach Abschluss dieses Zusatzstudiums und wird - nach Eingliederung der Wilhelmshavener Hochschule in die Georg-August-Universität Göttingen - der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät dieser Universität vorgelegt.

Gestützt auf die vorherige Ausbildung zum Diplom-Ingenieur war ich bisher fünf Jahre in der Industrie tätig, während der letzten $3\frac{1}{2}$ Jahre als Vertriebsingenieur bei der Fa. Georg C. K. Withof GmbH, Kassel - Mess- und Regeltechnik - ; zeitweilig im Düsseldorfer Vertriebsbüro dieser Firma.

Seit dem 3. März 1959 bin ich mit der Tochter Christliebe des Baurats Dipl.-Ing. C. M. Schirbach, Krefeld, verheiratet.